الأرصاد الجوية

لضباط وربابنة السفن

تأليف

أستاذ دكتور/ عبد العزيز عبد الباعث حامد

رئيس برنامج الأرصاد الجوية
الأكاديمية العربية للعلوم والتكنولوجيا والنقل البحري

بسم الله الرحمن الرحيم

بسم الله الرحمن الرحيم

قل أنني هداني ربي إلى صراط مستقيم دينا قيما ملة

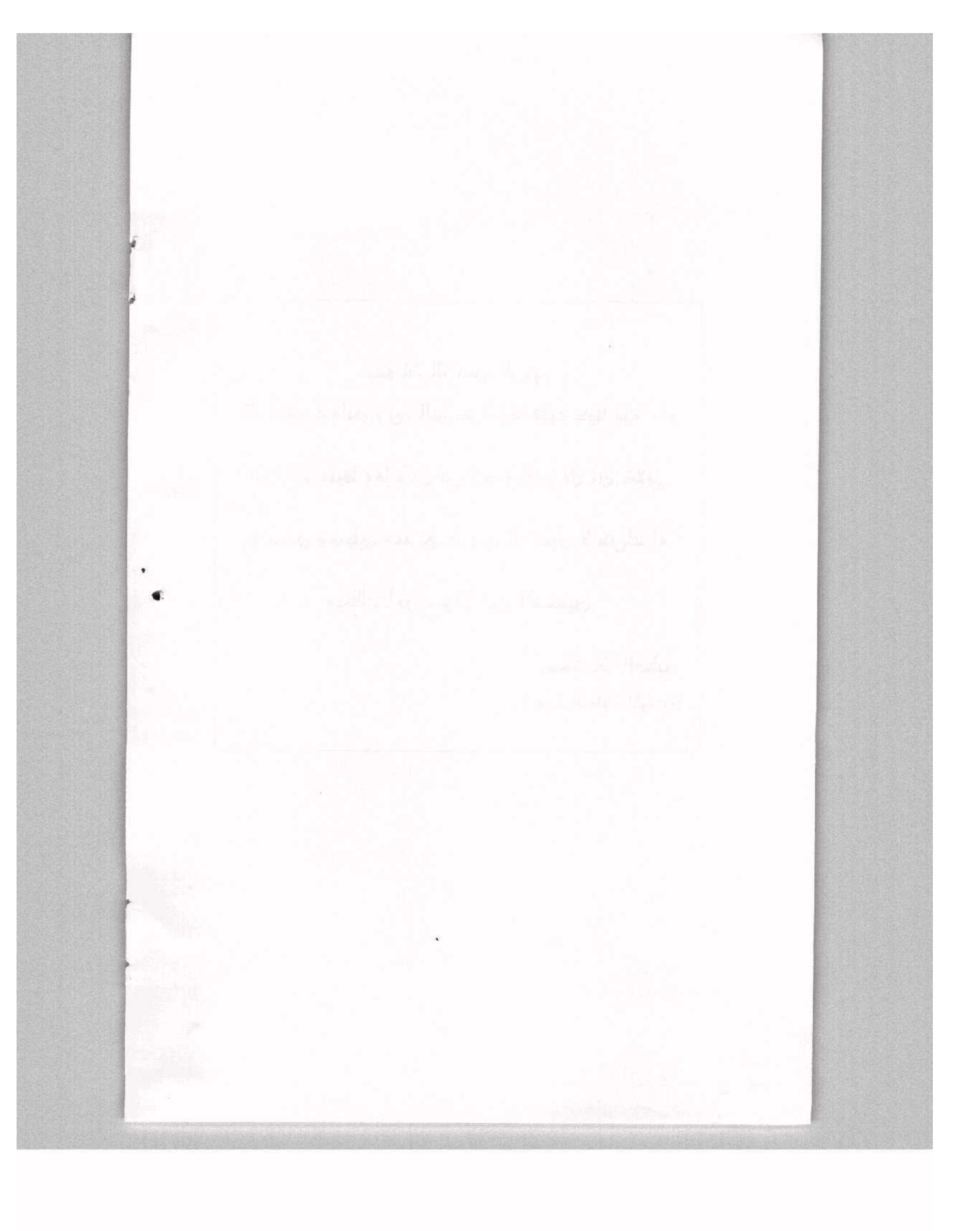
إبراهيم حنيفا وما كان من المشركين قل أن صلاتي

ونسكي ومحياي ومماتي لله رب العالمين لا شريك له

وبذلك أمرت وأنا أول المسلمين

صدق الله العظيم

(سورة الأنعام - الآية ١٦٠)



قال رسول الله صلي الله عليه وسلم:

إذا مات ابن آدم أنقطع عمله إلا من ثلاث

صدقة جارية

أو علم ينتفع به

أو ولد صالح يدعو له

(صدق رسول الله صلي الله عليه وسلم)

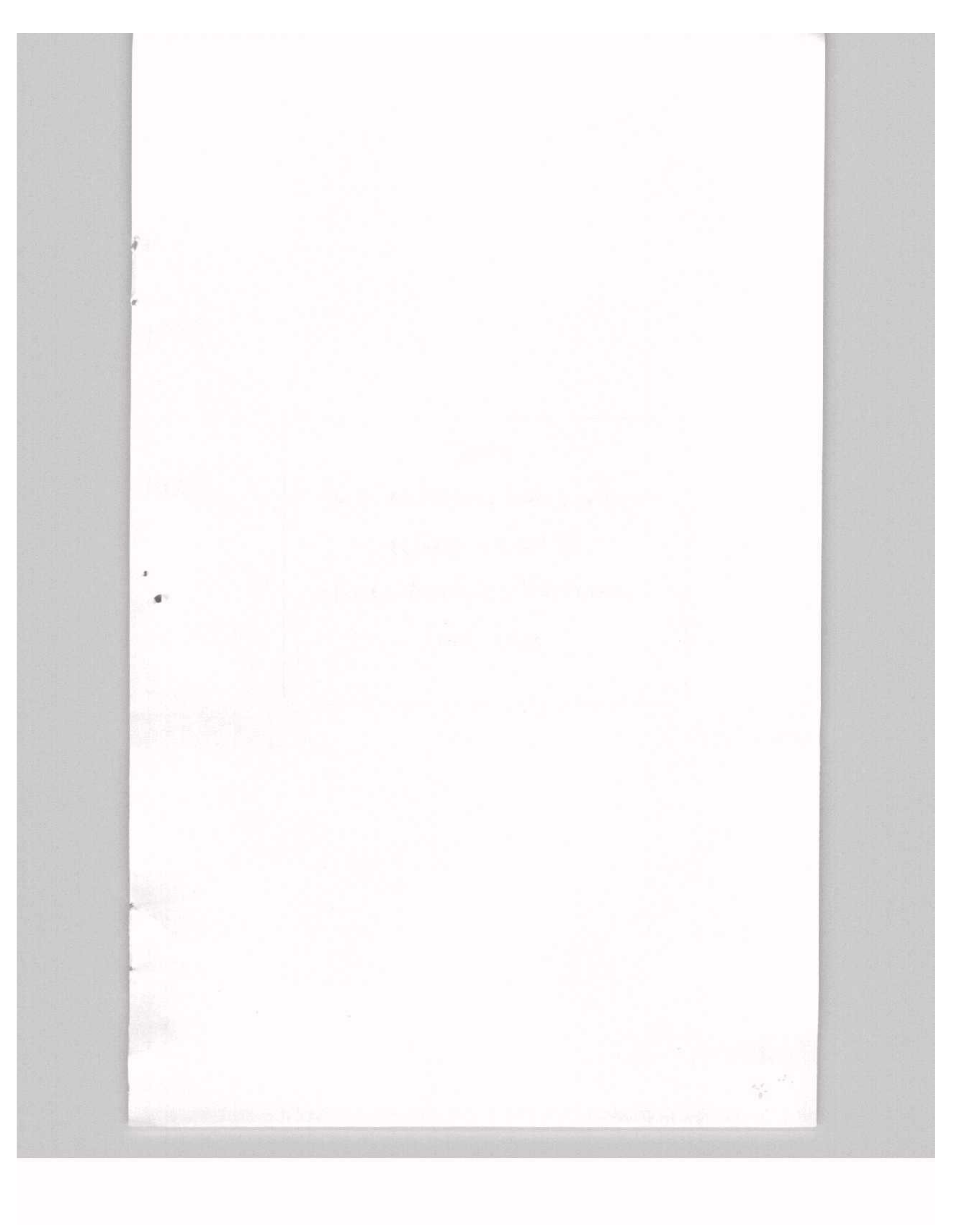
إهداء

أهدي هذا الكتاب لذكرى والدي

ووالدتي رحمهما الله

وإلى زوجتي وأبنائي الأعزاء محمد -

أحمد - كريم

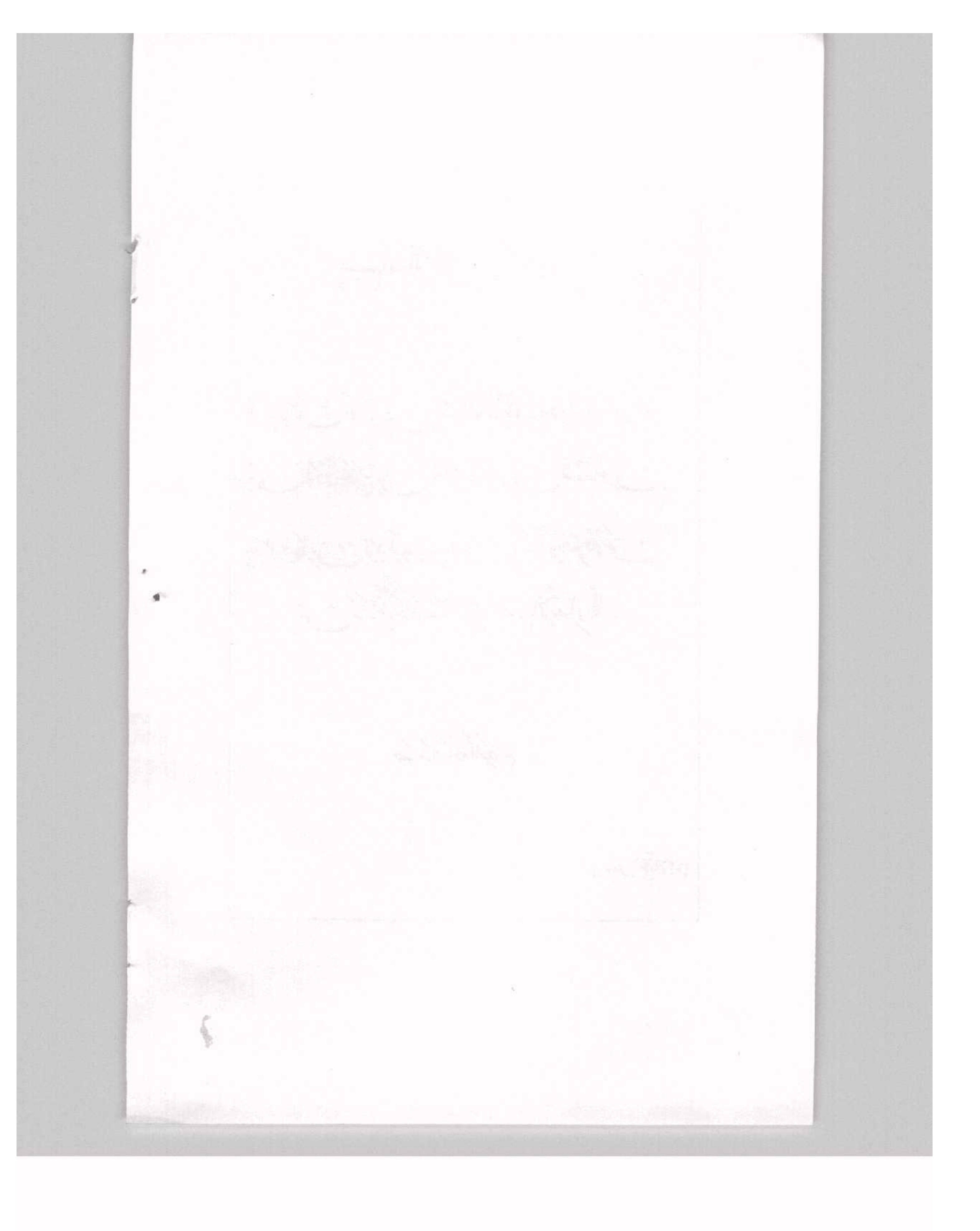


بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ يُزْجِي سَحَابًا ثُمَّ يُؤَلِّفُ بَيْنَهُ ثُمَّ يَجْعَلُهُ رُكَامًا فَتَرَى الْوَدْقَ يَخْرُجُ مِنْ خِلَالِهِ وَيُنَزِّلُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ جِبَالٍ فِيهَا مِنْ بَرَدٍ فَيُصِيبُ بِهِ مَنْ يَشَاءُ وَيَصْرِفُهُ عَنْ مَنْ يَشَاءُ يَكَادُ سَنَا بَرْقِهِ يَذْهَبُ بِالْأَبْصَارِ ﴾

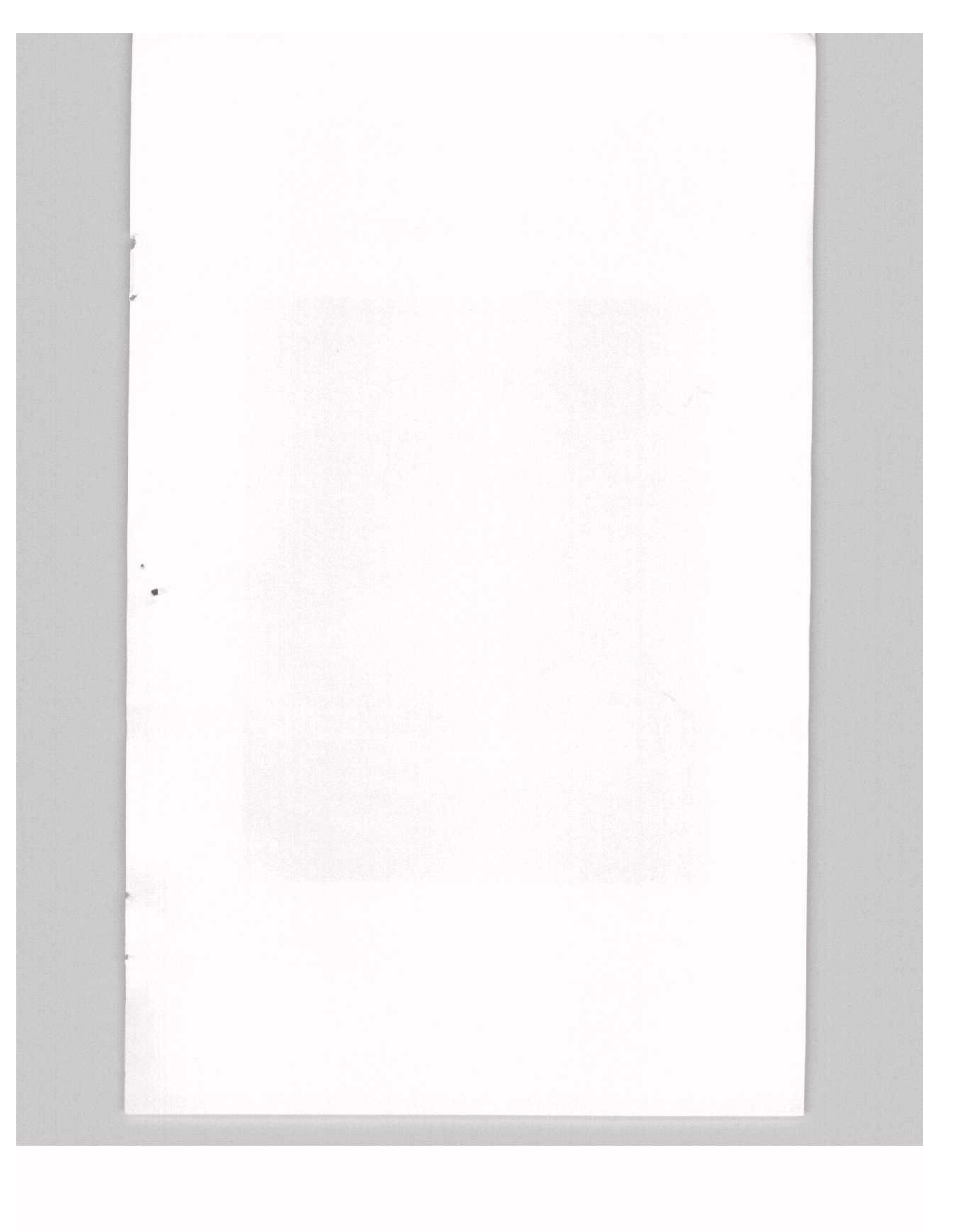
صدق الله العظيم

"سورة النور" الآية (٤٣)



Introduction مقدمــــة





مقدمـــــــة

Introduction

علم الأرصاد الجوية Meteorology هو العلم الـــذي يبحـث فـي خصائص **الغلاف الجوي Atmosphere** **والظواهر الجوية Meteors** التي تحدث فيـــه وتفسـير أسباب حدوث هذه الظواهر ودراسة مدي تأثير هذه الظواهر علي مختلف الأنشطة التي تتصـــل بالإنسان ويهتم علم الأرصاد الجوية أيضا بالتنبؤ بما سيحدث في الغلاف الجوي من تغيرات فـي المستقبل القريب (من ٣ يوم إلي ٥ يوم) وينقسم علم الأرصاد الجوية إلي عدة أفـــرع بعضـــها أساسي والأخر تطبيقي ومن أفرع الأرصاد الجوية الأساسية علي سبيل المثال وليس الحصــــر الأفرع التالية:

١- الأرصاد الجوية الطبيعية Physical Meteorology

وهو الفرع الذي يختص بدراسة الظواهر الطبيعية التي تحدث في الغلاف الجوي مثـــل **البخر Evaporation** **والتكثـــف Condensation** **والـــهطول Precipitation** وأيضـــا الظواهر الصوتية والضوئية والكهربائية.

٢- الأرصاد الجوية الديناميكية Dynamical Meteorology

وهو الفرع الذي يختص بدراسة حركة الهواء والقوي المسببة لها بالإضافة لدراسة القوي المؤثرة علي حركة الهواء.

٣- أرصاد الأقمار الصناعية Satellite Meteorology

وهو الفرع الذي يختص بدراسة صور الرصد الجوي بواسطة الأقمار الصناعية وتحليلها ودراسة حركة الكتل الهوائية والأنواع المختلفة للسحاب.

٤- الأرصاد الجوية السينوبتيكية (علم التنبؤات) Synoptic Meteorology

والهدف من هذا الفرع التنبؤ بالأحوال الجوية المستقبلية التي ستحدث في الغلاف الجـوي وذلك بالاستعانة بعدد كبير جدا من الرصدات الجوية التي تؤخذ في نفس الوقت علي مســـاحات

شاسعة من الكرة الأرضية وتوقيعها علي **خرائط الطقس Synoptic Charts** ثم **تحليل هــذه الخرائط Chart analysis** و**إعداد التنبؤات الجوية Weather forecasting** ويعتمد هـذا الفرع علي بعض العلوم المساعدة مثل الشفرة **Code and Decode** و**التوقيــع Plotting** و**التحليل Analysis**.

٥- المناخ Climatology

وهذا الفرع يهتم بالعلاقات الإحصائية والمتوسطات والمعدلات المناخية والذبذبات... الخ للعناصر الجوية

وهناك العديد من الأفرع التطبيقية لعلم الأرصاد الجوية مثل تطبيقات الأرصــاد الجويــة في الملاحة البحرية **Marine Meteorology** وتطبيقات الأرصاد الجوية في الملاحة الجويــة **Aeronautical Meteorology (Aviation Meteorology)** وتطبيقات الأرصاد الجوية في الزراعة **Agricultural Meteorology** وتطبيقــات الأرصــاد الجويــة فــي البيئــة **Environmental Meteorology** وخلافه.

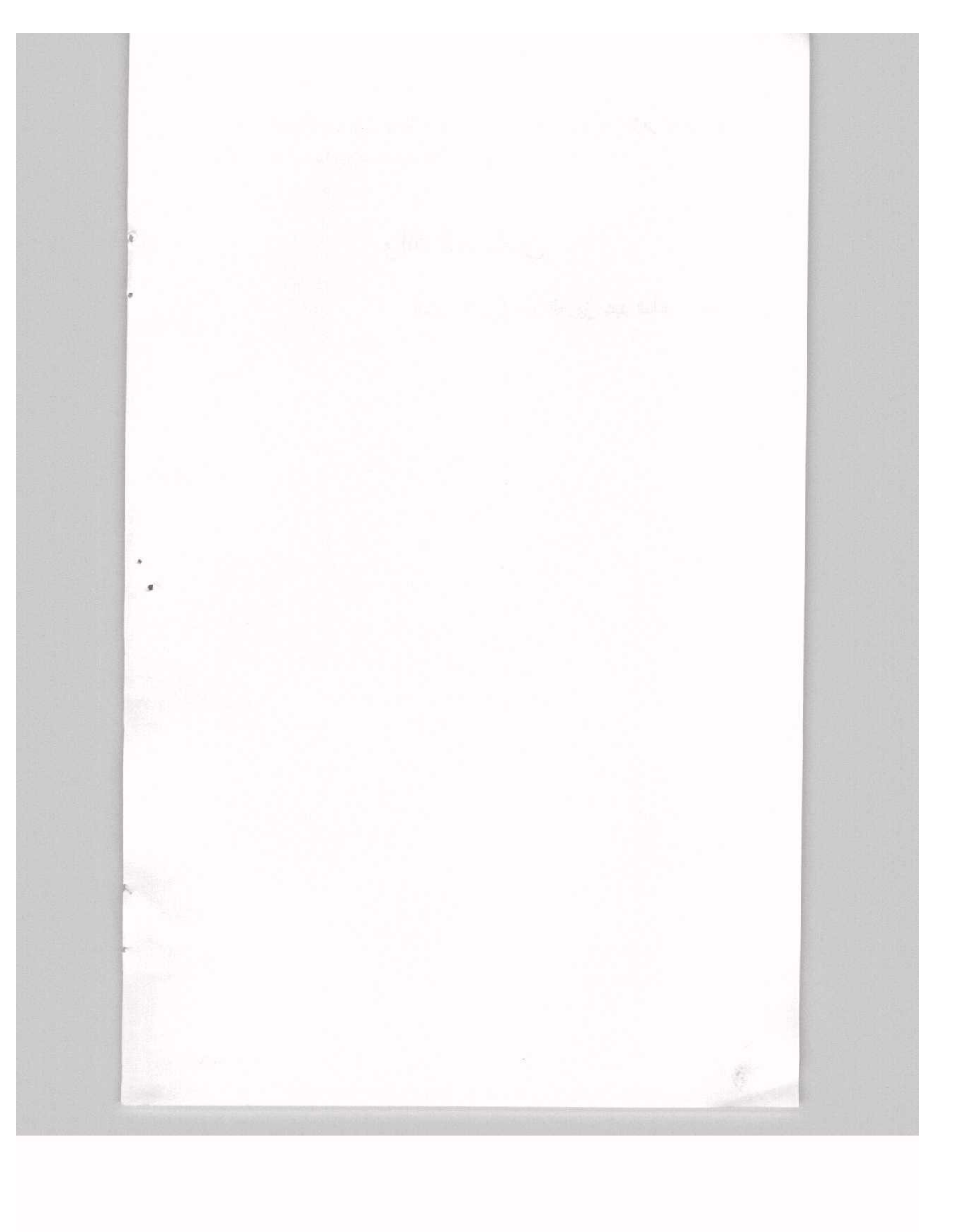
وفي هذا الكتاب سيتم مناقشة الجوانب الأساسية لعلم الأرصاد الجوية مع التركيز علـــي المواضيع ذات الارتباط المباشر بالملاحة البحرية مع تغطية منهج الأرصاد الجويـــة الخـــاص بضابط النوبة (ضابط ثاني ملاحة) ومنهج الأرصاد الجوية الخاص بضابط أول ملاحـــة.وهــذا الكتاب يغطي أيضا منهج الأرصاد الجوية الخاص بكليات النقل البحـــري والكليـــات البحريـــة بالإضافة إلي الكليات الجامعية والتي تهتم بدراسة علم الأرصاد الجوية.

وأنني إذ أقدمه إلي المكتبات العربية أرجو أن يكون مساهمة متواضعـــة منـــي لإثـــراء المكتبات العربية في هذا المجال العلمي الهام حيث أني المس النقص الشديد للمراجـــع باللغـــة العربية في مجال علوم الأرصاد الجوية , ولقد راعيت في إعداد هذا الكتاب صياغة التعـــاريف العلمية بصورة مبسطة ليسهل علي القارئ استيعابها وكذلك تم تزويده بـــالعديد مـــن الصـــور والأشكال و**خرائط الطقس Synoptic Charts** مع استخدام نفس الرموز الدولية المســتخدمة في مجال الأرصاد الجوية والتنبؤات الجوية بقصد زيادة الإيضاح. وتم تزويد الكتاب بملحـــق يشمل الشفرة الخاصة بالسفن والناقلات.

وفي النهاية ألتمس عذرا من القارئ عن أية أخطاء مطبعية أو لغوية أملا في تصحيحـــها في الطبعة الثانية متمنيا من الله سبحانه وتعالي أن يفيد هذا الكتاب كل من يقرأه

والله المستعان

أستاذ دكتور/ عبد العزيز عبد الباعث حامد

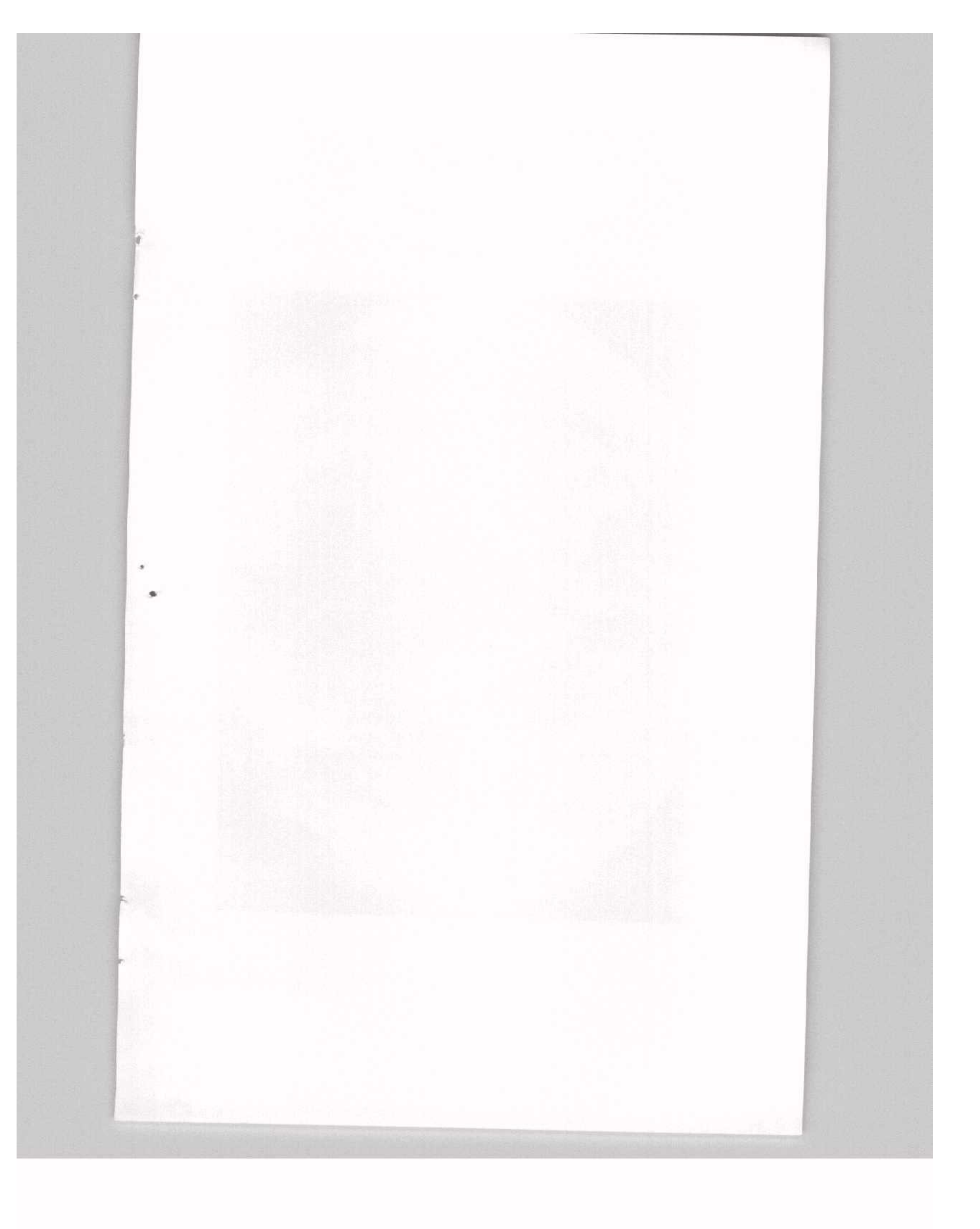


الباب الأول

الغلاف الجوى

Atmosphere

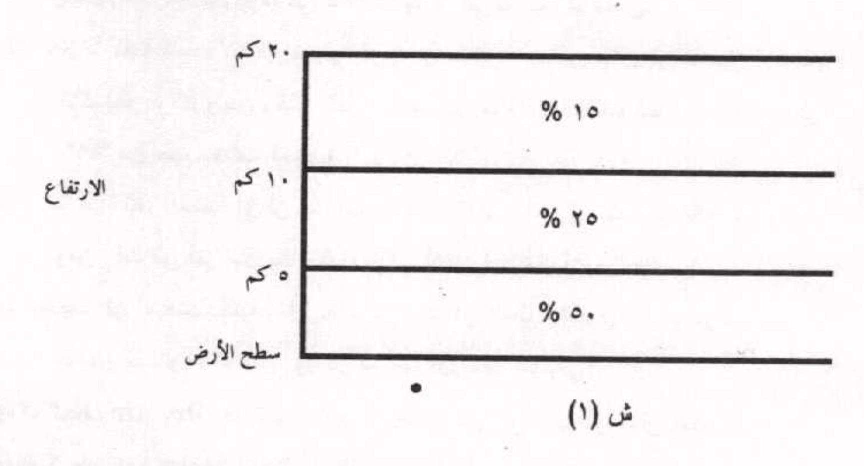




الباب الأول

الغلاف الجوى Atmosphere

الغلاف الجوي هو طبقة رقيقة من الهواء تحيط بالكرة الأرضيـــة وتتمـــيز الكـــرة الأرضية بهذه الخاصية دون سائر كواكب المجموعة الشمسية ومن الصعب تحديد سمك الغلاف الجوى بدقة ولكن من الثابت علميا هو معرفة خصائص الـــ ٨٠ كيلومتر القريبة مـــن ســـطح الأرض. وكذلك من المعروف أن ٥٠% من كتلة الغلاف الجوى الكلية توجد في الـــ ٥ كيلومتر القريبة من سطح الأرض وأن ٢٥% من كتلة الغلاف الجوى الكلية توجد في الـــ ٥ كيلومـــتر التالية، ١٥% من كتلة الغلاف الجوى الكلية تقع في الـــ ١٠ كيلومتر التالية (ش ١).



ش (١)

وعلى ذلك يمكن القول بأن ٩٠% من كتلة الغلاف الجوى تتركز في الـــ ٢٠ كيلومـــتر الأولى القريبة من سطح الأرض وتنتشر الـــ ١٠% الباقية إلى نهاية الغلاف الجوى.

ويتكون الغلاف الجوى من خليط ميكانيكي من الغازات تخضع في مجموعـــها للقـــانون العام للغازات حيث أن الضغط الكلي للغلاف الجوي هو مجموع الضغـــوط الجزئيـــة لغـــازات الغلاف الجوى المختلفة.

ويتصف الهواء بشفافيته وقابليته الكبيرة للانضغاط ومرونته التامة ومع أنه قليل الكثافـــة إلا أن له وزن محدود وبذلك يضغط الهواء علي كل شئ يلمسه ويكون هذا الضغط متساويا في جميـع الاتجاهات

ولفهم العمليات الطبيعية التي تحدث في الغلاف الجوي يجب أولا دراســـة مكونــات وطبقــات الغلاف الجوي.

مكونات الغلاف الجوي:

يتكون الغلاف الجوى من خليط ميكانيكي من الغازات ويتخلل هذه الغـــازات جسـيمات دقيقة عالقة من الأتربة والدخان بالإضافة إلى شوائب أخري عالقة في هذه الغازات. والغـــلاف الجوى يحتوى على كمية متغيرة من بخار الماء ورغم أن نسبة بخار الماء الموجودة بـــالغلاف الجوى صغيرة جدا إذا ما قورنت بالغازات الأخرى إلا أن بخار الماء يلعب دورا هاما في كـــل ما يحدث في الغلاف الجوى من تقلبات جوية.

وتنقسم الغازات الموجودة في الغلاف الجوى إلى نوعين أساسيين:

أولا : غازات ثابتة النسبة لا تتغير نسبتها تقريبا من حيث الحجم من مكان إلى مكـــان وأهمـــها الأكسيجين والنتروجين وهذان الغازان هما أكبر مكونات الغلاف الجوى (يكونان حوالي ٩٩% من حجم الغلاف الجوى).

ثانيا : غازات متغيرة النسبة أي أن نسبة وجودها في الغلاف الجوي تتغير من مكان إلى مكـــان ومن وقت إلى آخر مثل بخار الماء وثاني أكسيد الكربون والأوزون.

ويتم تصنيف الهواء حسب كمية بخار الماء الموجودة في الغلاف الجوي إلي هـــواء جـــاف أو هواء رطب أو هواء مشبع ويمكن تعريف كل منها كما يأتي:

الهواء الجاف Dry Air: هو الهواء الذي لا يحتوى على أي كمية من بخار الماء.

الهواء الرطب Moist Air: هو الهواء الذي يحتوى على أي كمية من بخار الماء.

الهواء المشبع Saturated Air: هو الهواء الذي يحتوى علي أكبر كمية من بخـــار المـــاء بحيث لا يستطيع حمل أي كمية أخرى.

والجدول التالي يبين مكونات الهواء الجاف عند سطح البحر (هذه النسب خاصة بأماكن بعيـــدة عن المدن الكبيرة وبعيدة عن الأماكن التي يحدث بها حرائق في الغابات)

مكونات الهواء الجاف عند سطح البحر

الغـــاز	النسبة المئوية من حيث الحجم
الأكسيجين	%٢١
النتروجين	%٧٨
ثاني أكسيد الكربون ارجون هليوم نيون أيدروجين زينون كريبتون أوزون رادون ... الخ	%١

والغازات المكونة للغلاف الجوى تظل نسبتها ثابتة علي وجه العموم حتى ارتفاع ٨٠ كيلومـــتر باستثناء غازات الأوزون وثاني أكسيد الكربون وبخار الماء. ونادرا ما يوجد الهواء نقيا تماما إذ غالبا ما توجد به بعض الشوائب مثل الأتربة والدخان والأملاح الكيمائية. وتختلف نقاوة الـــهواء حسب كمية الشوائب الموجدة به وتتحكم في ذلك طبيعة المكان والعوامل الجوية السائدة

والشوائب الصلبة تلعب دورا كبيرا في تكون الظواهر الجوية المائية والظواهر الجويـــة الضوئية التي تحدث في الغلاف الجوي فالأملاح الكيمائية الموجودة في الغلاف الجـــوي تدخـــل كعامل مساعد في حدوث التكثف.

<u>طبقات الغلاف الجوي:</u> يدرك خبراء الأرصاد الجوية أنه من الأهمية بمكان اعتبار الغـــلاف الجوي وحدة واحدة وذلك عند تنبؤهم بسلوك الغلاف الجوي في المستقبل ولذلك عملـــوا علـــي استخدام الأقمار الصناعية والصواريخ والأجهزة الإلكترونية في دراسة الطبقـــات العليـــا مـــن الغلاف الجوي وفي نفس الوقت تمتد شبكات محطات الأرصاد الجوية السطحية في كل مكـــان في العالم.

وفـــي عـــام ١٩٦٢ قســـمت **المنظمـــة العالميـــة للأرصـــاد الجويـــــة World Meteorological Organization** الغلاف الجوي حسب تغير درجة الحرارة مع الارتفـــاع

إلي أربعة طبقات هي التروبوسفير – الاستراتوسفير – الميزوسفير – الثرموسفير – ويوضح شكل ٢ تغير درجة الحرارة مع الارتفاع خلال طبقات الغلاف الجوي الأربعة وفيما يلي صف مختصر لهذه الطبقات الأربعة.

<u>١- التروبوسفير Troposhphere:</u> هي الطبقة القريبة من سطح الأرض وتمتد في المتوسط إلى ١٨ كم ارتفاعا عند خط الاستواء وحوالي ٩ كم ارتفاعا عند القطبين.

خصائص طبقة التروبوسفير:

١- تتناقص درجة الحرارة مع الارتفاع.
٢- ينتشر فيها بخار الماء.
٣- تحدث فيها تيارات الحمل والمطبات الهوائية وجميع حالات عدم الاستقرار.
٤- تحدث فيها الظواهر الجوية المختلفة مثل الضباب والهطول والعواصف الرعدية والعواصف الرملية وغيرها.

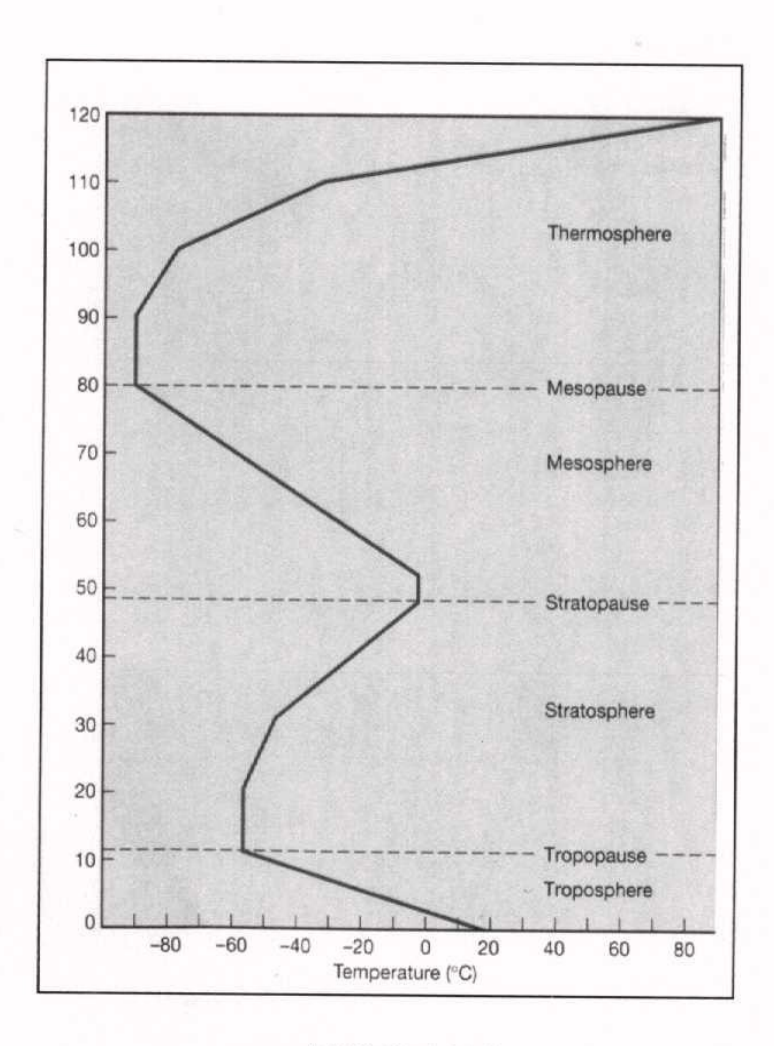
<u>٢-الستراتوسفير Stratosphere:</u> هي الطبقة التي تلي التروبوسفير وتمتد حتى ارتفاع حوالي ٥٠ – ٥٥ كم فوق سطح الأرض.

خصائص طبقة الستراتوسفير:

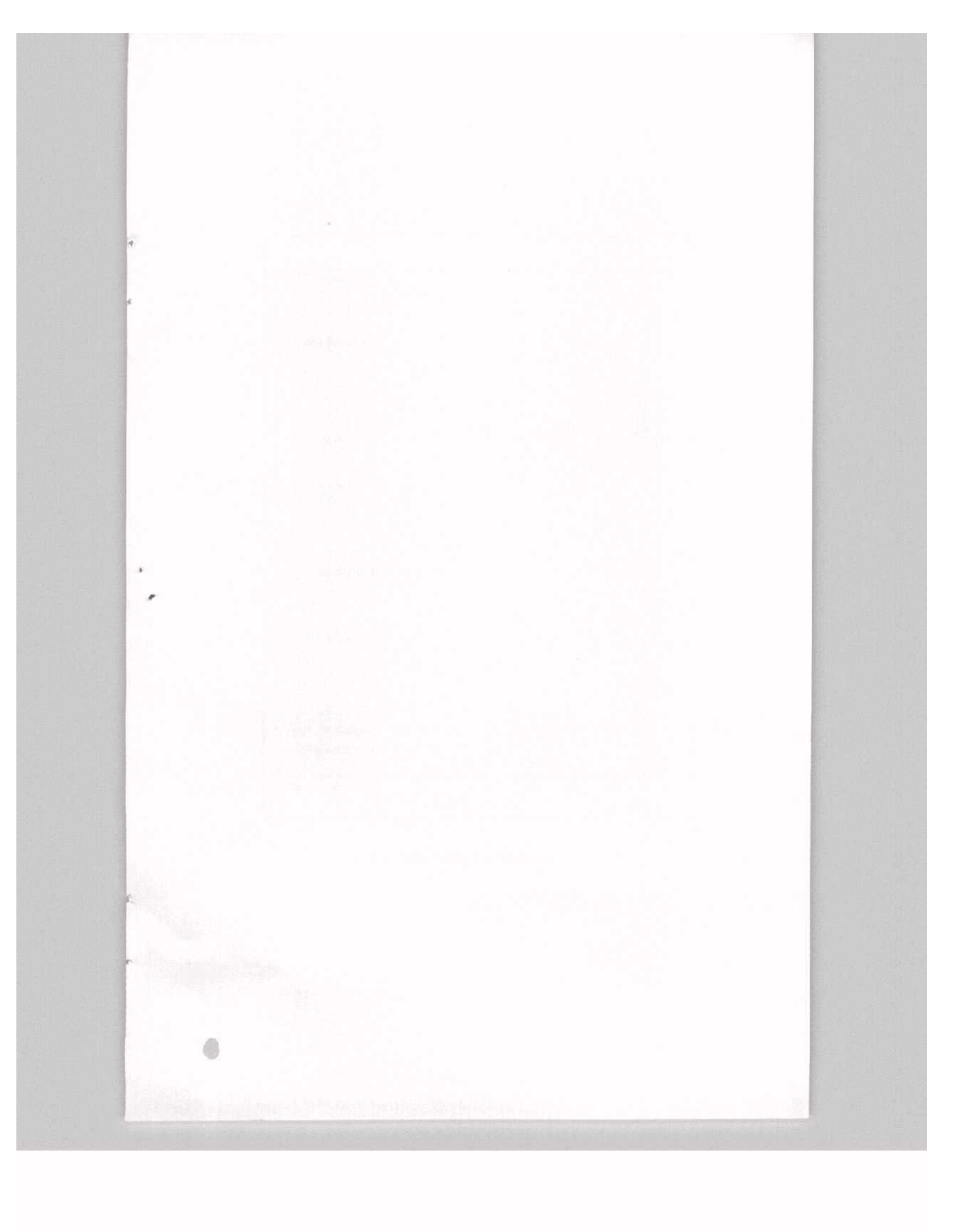
١- تزداد درجة الحرارة مع الارتفاع.
٢- تمتاز بالاستقرار التام وخلوها من التيارات الهوائية الرأسية وتكون حركة الهواء بها عموما أفقية وموازية لسطح الأرض.
٣- خالية من بخار الماء.
٤- ينتشر فيها غاز الأوزون.
٥- خالية من الظواهر الجوية.

والسطح الفاصل بين طبقة التروبوسفير وطبقة الستراتوسفير يعرف بالتروبوبوز Tropopause والتروبوبوز هو نهاية طبقة التروبوسفير وأهم خصائصه هي:

١- يختلف ارتفاعه مع خط العرض ويتدرج مع خط الاستواء حيث يبلغ ١٨ كم وعند القطبين ٩ كم تقريبا.
٢- يرتفع صيفا وينخفض شتاءا.



(ش ٢) طبقات الغلاف الجوى



٣- يرتفع فوق مناطق الضغط المرتفع وينخفض فوق مناطق الضغط المنخفض.

٣- الميزوسفير Mesosphere: هي الطبقة التي تلي الستراتوسفير وتمتد حتى ارتفـــاع حوالي ٨٠ كم فوق سطح الأرض.

خصائص طبقة الميزوسفير:

١- تقل درجة الحرارة مع الارتفاع.
٢- ينعدم فيها بخار الماء.
٣- لا تحدث بها ظواهر جوية.
٤- تحدث فيها بعض الدوامات الهوائية.

والسطح الفاصل بين طبقـــة الستراتوســفير وطبقـــة الميزوســفير يعــرف بالســتراتوبوز Stratopause

٤- الثرموسفير **Thermosphere**: هي الطبقة التي تلي الميزوسفير وتمتد حتىنهاية الغلاف الجوي

خصائص طبقة الثرموسفير:

١- تزداد درجة الحرارة مع الارتفاع.
٢- يكثر بهاانتشار الأيونات.
٣- نظرا لوجود الأيونات الكهربية بها فأنها تعمل علي انعكاس الأمواج اللاسلكية إلي الأرض وهذا الانعكاس يتم في طبقتين هامتين هما طبقة كنللى وتعكس الأمواج اللاسلكية الطويلـــة وطبقة ابلتون وتعكس الأمواج اللاسلكية القصيرة.

والسطح الفاصل بين طبقة الميزوسفير وطبقة الثرموسفير يعرف بالميزوبوز Mesopause.

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

الباب الثانى

الحرارة ودرجة الحرارة

Heat and Temperature





الباب الثاني

الحرارة ودرجة الحرارة

Heat and Temperature

إن الشمس هي مصدر الطاقة الرئيسي في الغلاف الجوي وذلك عن طريق الإشعاع الذي ينبعث منها، والإشعاع يسرى في الفراغ ولا يحتاج لمادة تنقله ويأتي الإشعاع الشمسي في صورة إشعاع كهر ومغناطيسي ذو طول موجي قصير ومن ثم فهو يخترق الغلاف الجوى دون أن يسخنه. ويتعرض هذا الإشعاع إلى عمليات طبيعية منها الامتصاص والانعكاس والتشتت أما الباقي فإنه يصل إلى سطح الأرض ويمتصه سطح الأرض ثم تحوله الأرض لإشعاع طويل الموجة (إشعاع حراري) ويبلغ ما يمتصه سطح الكرة الأرضية في المتوسط ٤٣ % فقط من الإشعاع الشمسي قصير الموجة وتتسبب هذه الطاقة الحرارية في رفع درجة حرارة سطح الأرض ومن ثم تنتقل الحرارة إلي الغلاف الجوي لتسخنه ومن المعروف أن الحرارة تنتقل من سطح الأرض للغلاف الجوى بثلاث عمليات طبيعية هي التوصيل والحمل والإشعاع. وشدة الأشعة القادمة من الشمس عند الغلاف الخارجي للغلاف الجوى تعرف بالثابت الشمسي **Solar Constant**.

<u>**التشميس Insulation:**</u> هي كمية الأشعة التي تصل إلى الأرض من الشمس على وحدة المساحة وكمية التشميس تعتمد على العوامل الآتية :

١- زاوية ميل الأشعة القادمة من الشمس على سطح الأرض فكلما كانت الأشعة عمودية كلما وقعت على مساحات صغيرة وأصبحت درجة حرارة الهواء كبيرة (ش٣) وكلما كانت مائلة كلما وقعت الأشعة على مساحات كبيرة وأصبحت درجة حرارة الهواء صغيرة (ش٤). وبصفة عامة فأن الأشعة الشمسية الساقطة على سطح الأرض تعتمد على العوامل التالية:

أ – خط العرض حيث يكون التشميس أكبر ما يمكن عند خط الاستواء ويقل كلما اتجهنا إلي الأقطاب (ش٥).

ب- زاوية ميل الشمس. جـ – زاوية ارتفاع الشمس.

٢- طول فترة ضوء النهار.

تزداد كمية التشميس بزيادة فترة ضوء النهار وتقل كمية التشميس كلما قلت فترة ضوء النهار.

٣- كمية السحب.

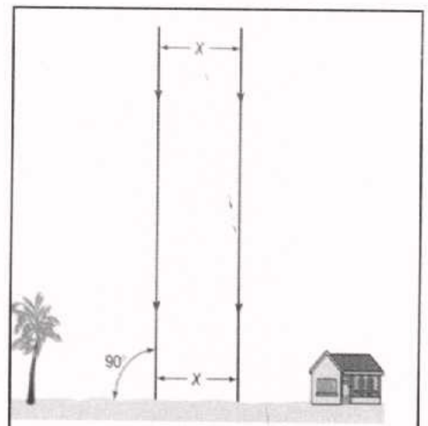
في الأيام المغيمة تقل كمية التشميس عن الأيام الخالية من السحب ويبن ش ٦ كيف أن السحاب يعكس الإشعاع الشمسي للفضاء الخارجي.

<u>عمليات التبادل الحراري Heat Exchange</u>: لا يحدث التبادل الحراري بين سطح الأرض والغلاف الجوي بواسطة الإشعاع فقط ولكنه يشمل أيضا التبادل الحراري بواسطة التوصيل والحمل.ولما كانت الغازات رديئة التوصيل للحرارة فأن التوصيل له أهمية فقط في انتقال الحرارة إلي طبقات رقيقة للغاية من الهواء والتي تكون في حالة تلامس مباشر مع سطح الأرض ويبلغ سمك هذه الطبقات في العادة بضعة سنتمترات فقط وعلي ذلك يمكن إهمال عملية انتقال الحرارة بواسطة التوصيل.

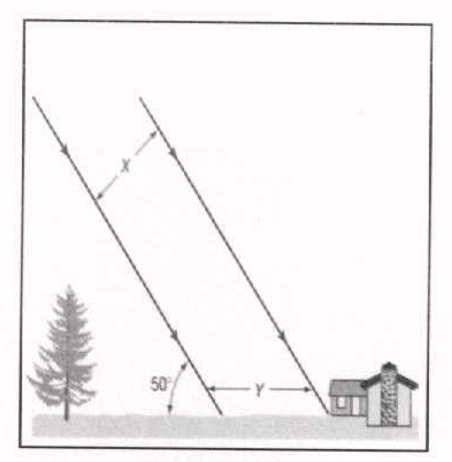
ومن المعروف أن الحمل يشكل طريقة أكثر أهمية في انتقال الطاقة الحرارية في الغلاف الجوي وفي هذه العملية يصعد الهواء الساخن إلي أعلا ويهبط الهواء البارد إلي أسفل ليحل محل الهواء الساخن وعلي ذلك تحدث تيارات الحمل الصاعدة وتيارات الحمل الهابطة ويمتزج الهواء تماما.

ويعمل علماء الأرصاد الجوية علي التفريق بين **الحرارة المحسوسة Sensible Heat** وهي الحرارة التي يمكن إحساسها أو الشعور بها **والحرارة الكامنة Latent Heat** وهي الحرارة التي تضاف إلي المادة عندما تتغير من الحالة الصلبة إلي الحالة السائلة أو من الحالة السائلة إلي الحالة الغازية وذلك بدون تغيير في درجة الحرارة.

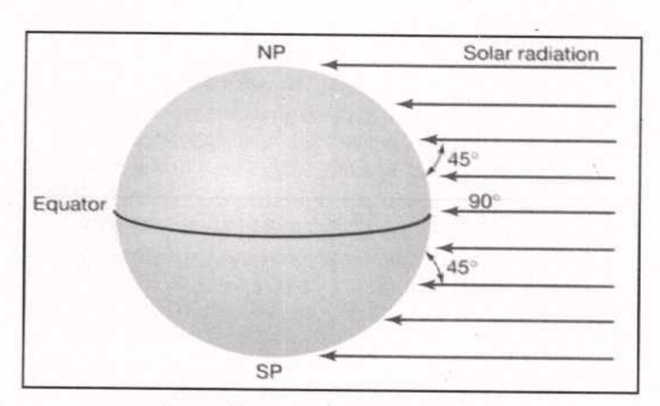
وبصفة عامة لا تنقل تيارات الحمل في الغلاف الجوي الحرارة المحسوسة إلي أعلا فقط و لكنها تنقل أيضا الحرارة الكامنة المخزونة في بخار الماء إلي أعلا و تدخل هذه الحرارة الكامنة إلي الغلاف الجوي عندما يتبخر الماء من سطح الأرض و تنطلق بعد ذلك في طبقات الجو العليا عندما يتكثف بخار الماء ليكون السحب.



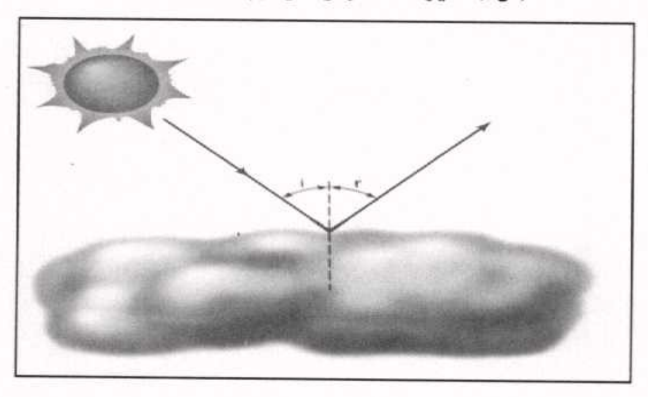
(ش٣) أشعة الشمس عمودية



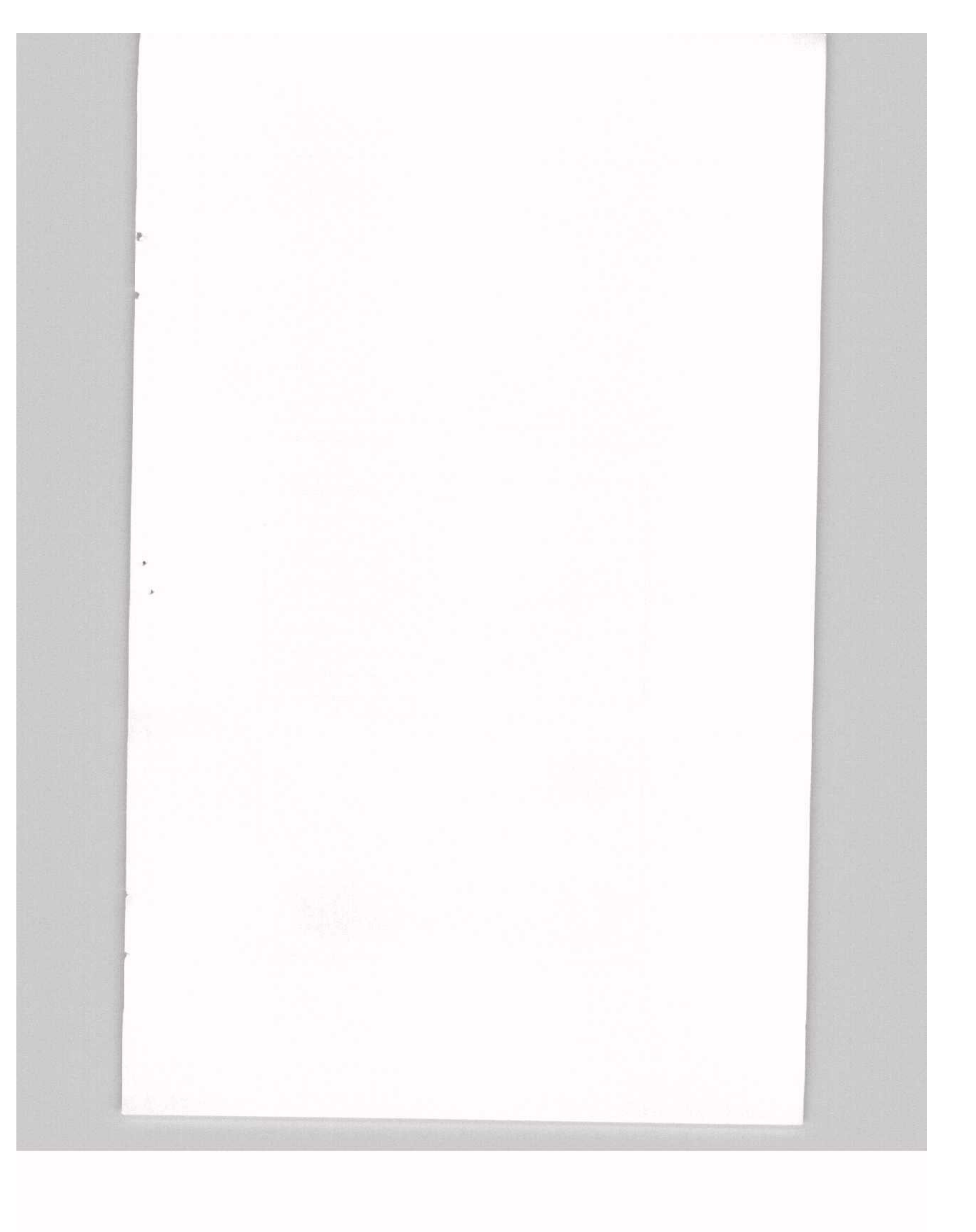
(ش٤) أشعة الشمس مائلة



(ش٥) تأثير خط العرض على درجة حرارة الهواء



(ش٦) تأثير السحاب على التشميس



ميزانية الطاقة الحرارية في الغلاف الجوي:

أن متوسط درجة حرارة سطح الأرض ظل ثابتا تقريبا عند حوالي 15 ° س وذلك خلال القرون الماضية وعلي ذلك فأن الأرض في حالة أتزان إشعاعي أي أنها تشع كمية من الطاقة تعادل نفس كمية الطاقة التي تستقبلها. وتمتص الأرض وغلافها الجوي في المتوسط حوالي 65 % من الإشعاع الشمسي القادم لهما وتتحول هذه الطاقة إلي طاقة حرارية وترتفع تبعا لذلك درجة حرارة سطح الأرض والغلاف الجوي ومن المعروف أن الإشعاع الشمسي يمد الغلاف الجوي والبحار والمحيطات بالطاقة اللازمة ولا تفقد هذه الطاقة ولكنها تتحول فقط إما إلي طاقة حرارية أو طاقة حركة للجسيمات المتحركة.

والطاقة الشمسية الممتصة بواسطة الأرض وغلافها الجوي يعاد إشعاعها في النهاية مرة ثانية إلي الفضاء الخارجي. ومن ثم فأن هذا النظام يحتفظ بنفسه في حالة أتزان إشعاعي أي أن الطاقة المشعة من سطح الأرض تعادل كمية الطاقة التي يستقبلها سطح الأرض. وهذا الاتزان يتحقق عند معظم خطوط العرض , فمثلا نجد في المنطقة التي بين خطي العرض صفر , 35 ° في كلا من نصفي الكرة الأرضية أن كمية الطاقة الممتصة تزيد علي كمية الطاقة المشعة إلي الفضاء الخارجي ومن ثم فانه يوجد فائض في الطاقة في هذه المناطق بينما يوجد نقصا في الطاقة في المناطق الممتدة بين خط عرض 35 ° والقطبين. وفي الحقيقة فأن الحرارة تنتقل عبر خطوط العرض من خطوط العروض المنخفضة إلي خطوط العروض العالية ويشمل انتقال الطاقة الحرارية كلا من الغلاف الجوي والبحار والمحيطات. ويساعد علي انتقال الطاقة الحرارية تأثير المنخفضات الجوية والمرتفعات الجوية . كما تحمل التيارات البحرية أيضا جزءا من الطاقة الحرارية بعيدا عن المناطق المدارية في اتجاه المناطق القطبية.

اختلاف درجة الحرارة بين أسطح اليابسة وسطح البحر:

يختلف الارتفاع في درجة حرارة سطح الأرض من مكان إلي آخر وذلك عند امتصاصها للإشعاع الشمسي ويعتمد ذلك جزئيا علي مدي المسافة التي تنفذ خلالها الحرارة وكذلك الحرارة النوعية لمادة السطح وحيث أن الحرارة النوعية للماء أكبر من الحرارة النوعية لأي مادة أخرى يتضح من ذلك أن درجة حرارة البحار والمحيطات لا ترتفع مثل درجة حرارة أسطح اليابسة أثناء النهار أما أثناء الليل بعد توقف الإشعاع الشمسي يبدأ فقدان الحرارة بواسطة الإشعاع ومع

ذلك فانه يوجد عادة مخزون كبير من الطاقة الحرارية تحت سطح الماء ومن ثم فأن التغيرات التي تحدث في درجة حرارة سطح الماء تكون صغيرة وعلي ذلك فان اختلاف درجة حرارة سطح البحر في الليل عنه في النهار يكون صغيرا جدا. وعلي العكس من ذلك فأن اختلاف درجة حرارة سطح اليابسة في الليل عنه في النهار يكون كبيرا جدا.

العوامل التي تؤثر على درجة حرارة الهواء عند سطح الأرض:

من المعروف أن درجة حرارة الهواء غير متساوية وغير منتظمة حول الكرة الأرضية وذلك يرجع لسببين أساسين هما:

- الاختلاف في كمية التشميس التي تصل إلي سطح الأرض.
- الاختلاف في خصائص الامتصاص والإنعاس.

وإذا كانت كمية الحرارة التي تكتسبها الأرض أكبر من المفقودة تأخذ درجة الحرارة في الارتفاع (وهذا ما يحدث نهارا) أما إذا كانت الكمية المفقودة أكبر من المكتسبة تأخذ درجة الحرارة في الانخفاض (وهذا ما يحدث ليلا).

وبصفة عامة فإن العوامل التي تؤثر على درجة حرارة الهواء هي:

١- **الارتفاع** : تقل درجة الحرارة بالارتفاع.

٢- **خط العرض** : زاوية سقوط أشعة الشمس تتغير من خط عرض إلى آخر وبناءا على ذلك فإن كمية الأشعة على وحدة المساحات تقل كلما اتجهنا إلى القطبين وتزيد في اتجاه خط الاستواء , أما في مكان معين فإن زاوية السقوط تتأثر باختلاف فصول السنة فتكون أكبر ما يمكن في فصل الصيف وأقل ما يمكن في فصل الشتاء , بالإضافة إلى الوقت من النهار فتكون أكبر ما يمكن عند الظهر وأقل ما يمكن قبل شروق الشمس.

٣- **توزيع اليابسة والبحر** : له تأثير كبير على درجة حرارة الهواء حيث تكون درجة حرارة الهواء فوق اليابسة أعلى من درجة حرارة الهواء فوق البحار نهارا وتكون درجة حرارة الهواء فوق اليابسة أبرد من درجة حرارة الهواء فوق البحار ليلا.

٤- **وجود ثلج أو جليد يغطى سطح الأرض:** يعكس الثلج والجليد معظم الأشعة الساقطة عليه لذلك نجد درجة حرارة الهواء فوق الثلج والجليد منخفضة جدا.

٥- **الرياح السائدة والتيارات البحرية:** عندما تهب الرياح فإنها تحمل معها درجة حرارة المكان الذي أتت منه كذلك فإن هبوب الرياح من البحر إلى اليابسة يسبب تأثيرا ملحوظا على درجة الحرارة بالإضافة إلى أن التيارات البحرية والتي قد تكون باردة أو دافئة تؤثر في درجة جرارة الهواء.

٦- **نوع التربة:** يختلف سطح الأرض في القدرة على امتصاص أشعة الشمس باختلاف طبيعته من حيث إذا كان السطح طينيا أو رمليا أو صخريا وذلك لاختلاف الحرارة النوعية لكل نوع من الأسطح المختلفة.

وحدات قياس درجة الحرارة:

تصمم مقاييس درجة الحرارة العملية علي أساس درجات حرارة ثابتة يمكن إيجادها ثانية بسهولة وقد أتفق دوليا علي نقطتين محددتين وهما نقطة الجليد ونقطة البخر. ونقطة الجليد هي درجة الحرارة التي ينصهر عندها الثلج النقي أما نقطة البخر فهي درجة الحرارة التي يغلي الماء النقي عندها. ويوجد مقياسان شائعا الاستخدام لقياس درجة الحرارة الأول منهما هو المقياس السلسيوس أو المئوي(س° C°) وفيه نقطة الجليد هي صفر° س ونقطة غليان الماء ١٠٠° س. والمقياس الثاني هو المقياس الفهرنهيتي (° ف F°) وفي هذا المقياس نقطة الجليد هي ٣٢° ف ونقطة غليان الماء ٢١٢° ف.

ومن المعروف أنه في حالة المقياس الفهرنهيتي يوجد ١٨٠ جزء فهرنهيتي بين نقطتي الجليد والبخر بينما في المقياس السلسيوس (المئوي) يوجد ١٠٠ جزء فقط بين نقطتي الجليد والبخر. وعلي هذا فأن كل جزء من التدريج السلسيوس يعادل $\frac{9}{5}$ من الجزء من التدريج الفهرنهيتي بينما الجزء من التدريج الفهرنهيتي يعادل $\frac{5}{9}$ من الجزء من التدريج السلسيوس. ويوجد مقياس آخر للحرارة وهو مقياس كلفن أو المطلق (م° K°) وهو يستخدم في الأبحاث العلمية وفي المقياس المطلق تكون درجة الجليد هي ٢٧٣,١٥ وتعرف بالصفر المطلق

ودرجة غليان الماء تكون ٣٧٣,١٥ ويوضح ش ٧ العلاقة بين المقياس السلسيوس والمقيـــاس الفهرنهيتي والمقياس المطلق (كلفن).

كما يوجد ترمومتر له تدرجان أحدهما بالتدريج المئوي والأخـــر بـــالتدريج الفهرنـــهيتي ويوضح شكل ٨ هذا الترمومتر.

وللتحويل من مقياس إلي أخر يتم استخدام العلاقات التالية:

أ- للتحويل من مئوي إلى فهرنهيتي نستخدم العلاقة التالية

$$F = \frac{9}{5} C + 32$$

ب- للتحويل من فهرنهيتي إلى مئوي نستخدم العلاقة التالية

$$C = \frac{5}{9} (F - 32)$$

ج- للتحويل من مئوي إلى مطـــلق نستخدم العلاقة التالية

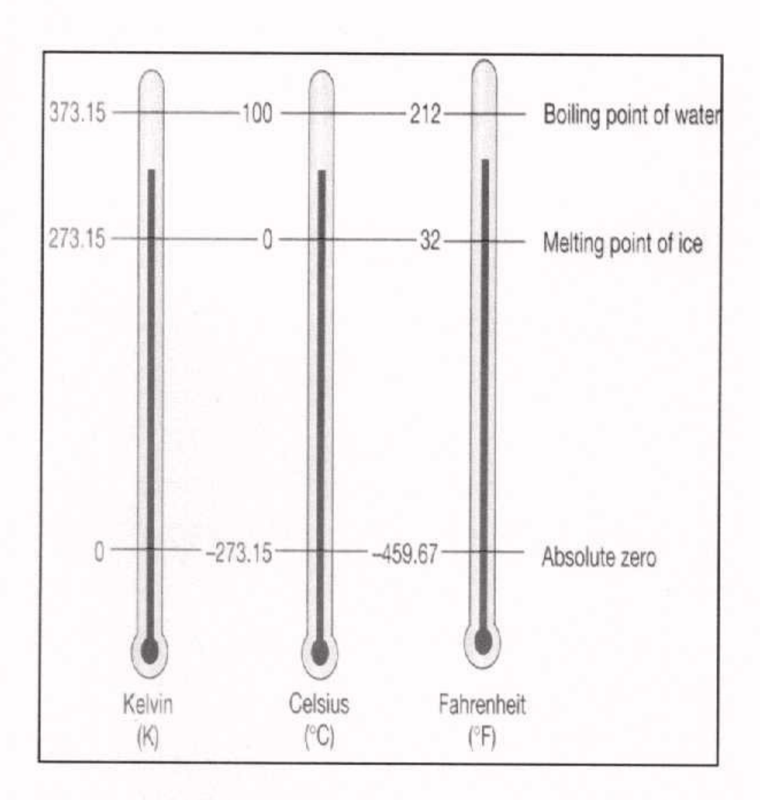
$$K = C + 273.15$$

د- للتحويل من مطـــلق إلى مئوي نستخدم العلاقة التالية

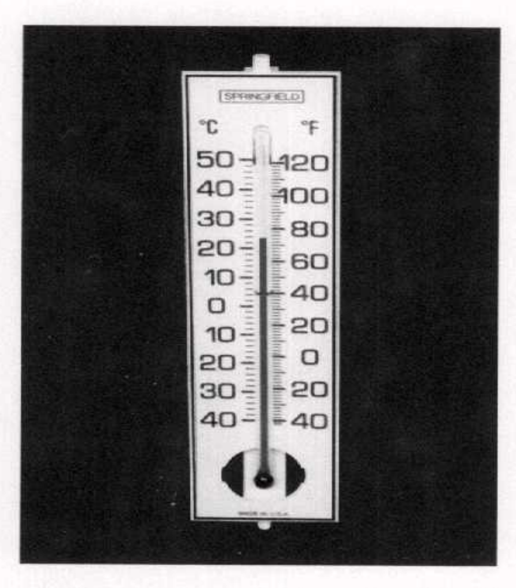
$$C = K - 273.15$$

التبريد الذاتي للهواء:

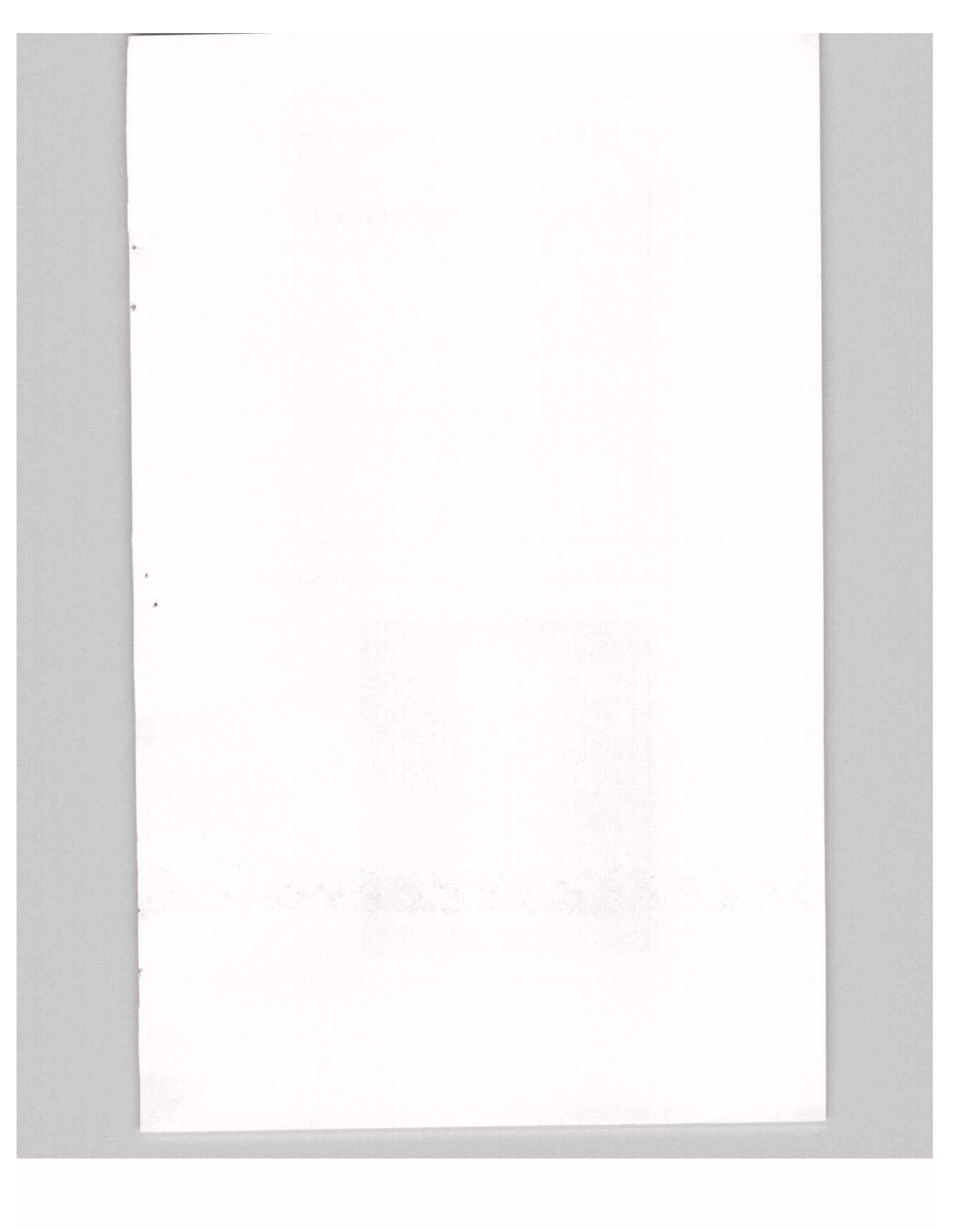
من المعروف أنه إذا أجبرت كتلة من الهواء على الصعود إلى أعلا فإن ضغطها يقـــل بالتتابع فتتمدد وهذا التمدد يعنى أن الهواء يبذل شغلا وهذا الشغل يحتاج إلى طاقة فيستمد الهواء الطاقة اللازمة لبذل هذا الشغل من طاقته الحرارية الذاتية ويتم ذلك دون أي تبادل حراري مـــع الوسط المحيط فيتسبب ذلك في انخفاض درجة حرارته.



(ش ٧) العلاقة بين المقياس السلسيوس و المقياس الفهرنهيتى و المقياس المطلق (كلفن).



(ش ٨) ترمومتر حرارة ذو تدريج مئوى و آخر فرنهيتى



تغير درجة الحرارة بالارتفاع:

تقل درجة حرارة الهواء بصفة عامة بالارتفاع ومن المعروف أن معدل تناقص درجة الحرارة بالارتفاع يعتمد على كمية بخار الماء الموجودة به. وحيث أن الهواء في الظروف الجوية العادية يوجد أما في حالة عدم تشبع أو في حالة تشبع بناءا علي ذلك يوجد معدل تناقص حرأري للهواء الغير مشبع يعرف بمعدل التناقص الحراري الذاتي الجاف **Dry Adiabatic Lapse Rate** ومعدل تناقص حراري للهواء المشبع يعرف بمعدل التناقص الحراري الذاتي المشبع **Saturated Adiabatic Lapse Rate** ومن المعروف أن معدل التناقص الحراري الذاتي الجاف ومعدل التناقص الحراري الذاتي المشبع هما معدلات محسوبة ذات قيم ثابتة وليست مقاسه ويوجد معدل للتناقص الحراري بالارتفاع يقاس يوميا بواسطة البالون يعرف بمعدل التناقص الحراري للوسط المحيط أو معدل التناقص الحراري البيئي **Environmental Lapse Rate** وهذا المعدل تتغير قيمه من مكان إلي آخر ومن وقت إلي وقت ويمكن تعريف كل من هذه المعدلات الثلاثة كما يلي:

١- معدل التناقص الحراري الذاتي الجاف Dry Adiabatic Lapse Rate (DALR)

هو معدل تناقص درجة حرارة كتلة من الهو ـ الغير مشبع أثناء صعودها ذاتيا إلى أعلا ومقدار هذا التناقص ثابت مع الارتفاع ويساوى ١٠° س/ كم أو ١° س/ ١٠٠ متر.

٢- معدل التناقص الحراري الذاتي المشبع

Saturated Adiabatic Lapse Rate (SALR)

هو معدل تناقص درجة حرارة كتلة من الهوا مشبع أثناء صعودها ذاتيا إلى أعلا ومقدار هذا التناقص ثابت مع الارتفاع ويساوي ٥ ° س/ كم أو ٥و٠° س/ ١٠٠ متر.

ومعدل التناقص الحراري الذاتي المشبع أقل من معدل التناقص الحراري الذاتي الجاف لأن الهواء المشبع عندما يصل إلى مستوى التكثف عند صعوده إلى أعلا فإن الحرارة الكامنة للبخر المنطلقة عند التكثف سوف تعوض جزءا من الشغل المبذول الناتج عن تمدد الهواء أثناء

صعوده إلى أعلا وبذلك يقل معدل التناقص الحراري الذاتي المشبع عن معدل التناقص الحراري الذاتي الجاف.

٣- معدل التناقص الحراري للوسط المحيط (معدل التناقص الحراري البيئي) Environmental Lapse Rate (ELR)

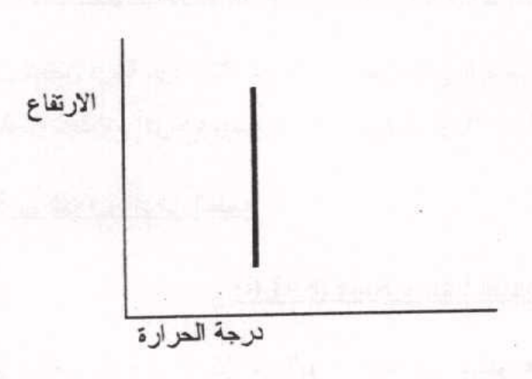
هو معدل تناقص درجة حرارة الهواء مع الارتفاع مقاس بواسطة بالونة أطلقت رأسيا في الغلاف الجوي إلي أعلا (الجهاز المستخدم يسمى **راديوسوند** **Radiosound**)

خط تساوي درجة الحرارة Isothermal:

هو الخط الذي يصل الأماكن ذات الحرارة المتساوية.

طبقة الأيزوثرمال Isothermal Layer:

هي طبقة تتميز بتساوي درجة الحرارة بالارتفاع كما في شكل ٩



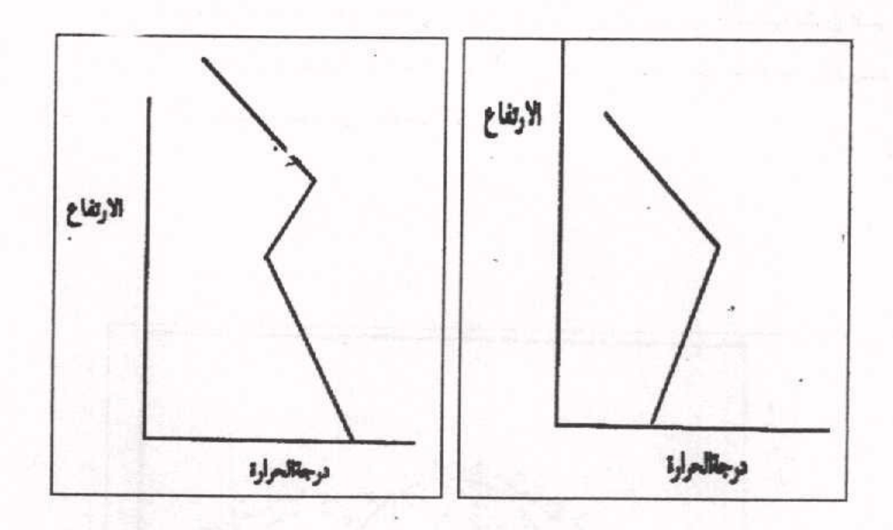
(ش ٩) تساوي درجة الحرارة بالارتفاع

الانقلاب الحراري Inversion:

هو زيادة درجة الحرارة مع الارتفاع والانقلاب الحراري نوعان:

١- انقلاب حراري سطحي: ويحدث في طبقة تلامس قاعدتها سطح الأرض. (ش ١٠)

٢- انقلاب حراري علوي: ويحدث في طبقة لا تلامس قاعدتها سطح الأرض. (ش ١١)



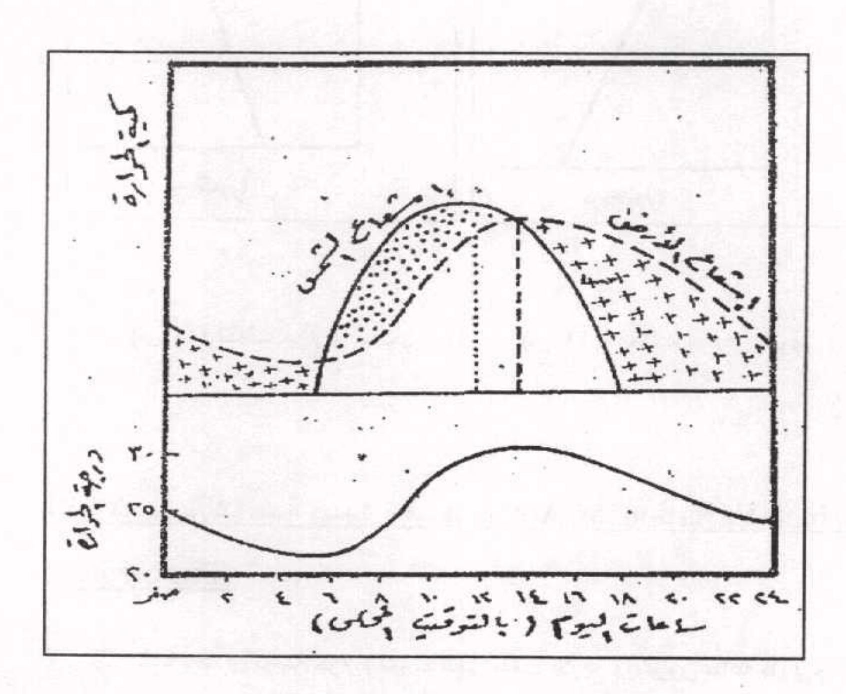
(ش ١٠) انقلاب حراري سطحي (ش ١١) انقلاب حراري علوي

التغير اليومـــي لدرجـــة حـــرارة الـــهواء Durinal Variation of Air Temperature:

من المعروف أن درجة حرارة الهواء تتغير خلال الأربع وعشرون ساعة كل يوم مـــن ساعة إلي أخري ومن دراسة (ش ١٢) يتضح أن درجة الحرارة العظمى تكون حوالي الســـاعة ١٤٠٠ محلى ودرجة الحرارة الصغرى تكون قبل شروق الشمس أي أن درجة الحرارة العظمى تكون ما بين الظهر والعصر عندما تكون محصلة كمية التشميس والأشعة القادمة مـــن الأرض أكبر ما يمكن وتكون درجة الحرارة الصغرى قبل الشروق مباشرة حيث تشع الأرض كل مـــا بها من طاقة حرارية فيبرد الهواء إلى أدنى درجة له.

ويسمى الفرق بين قيمتي النهاية العظمى والنهاية الصغرى لدرجة حرارة الهواء بمـــدى التغير اليومي لدرجة الحرارة. ويكون هذا المدى أكبر ما يمكن فوق اليابسة وأقل ما يمكن فـــوق البحر وذلك لأن الحرارة النوعية لليابسة صغيرة جدا بينما الحرارة النوعية للماء أكبر.

ومن المعروف أن مدى التغير اليومي لدرجة الحرارة في حالة وجود السحاب يكون أقـل من المدى في الأيام الصافية الخالية من السحاب وذلك لأن السحاب يعمل على الحد من تزايـد درجة الحرارة أثناء النهار والحد من تناقصها أثناء الليل.

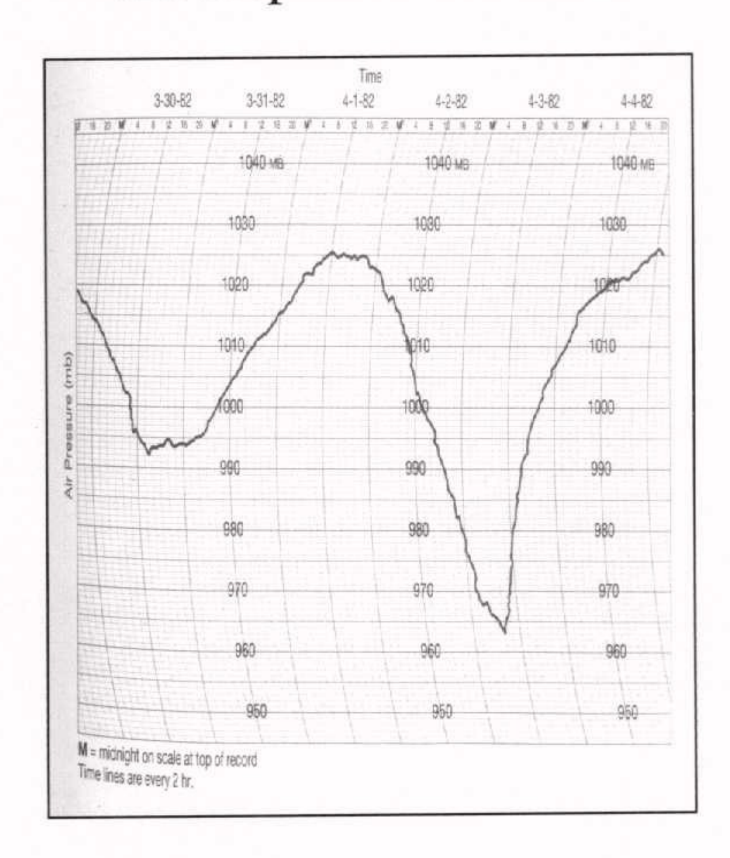


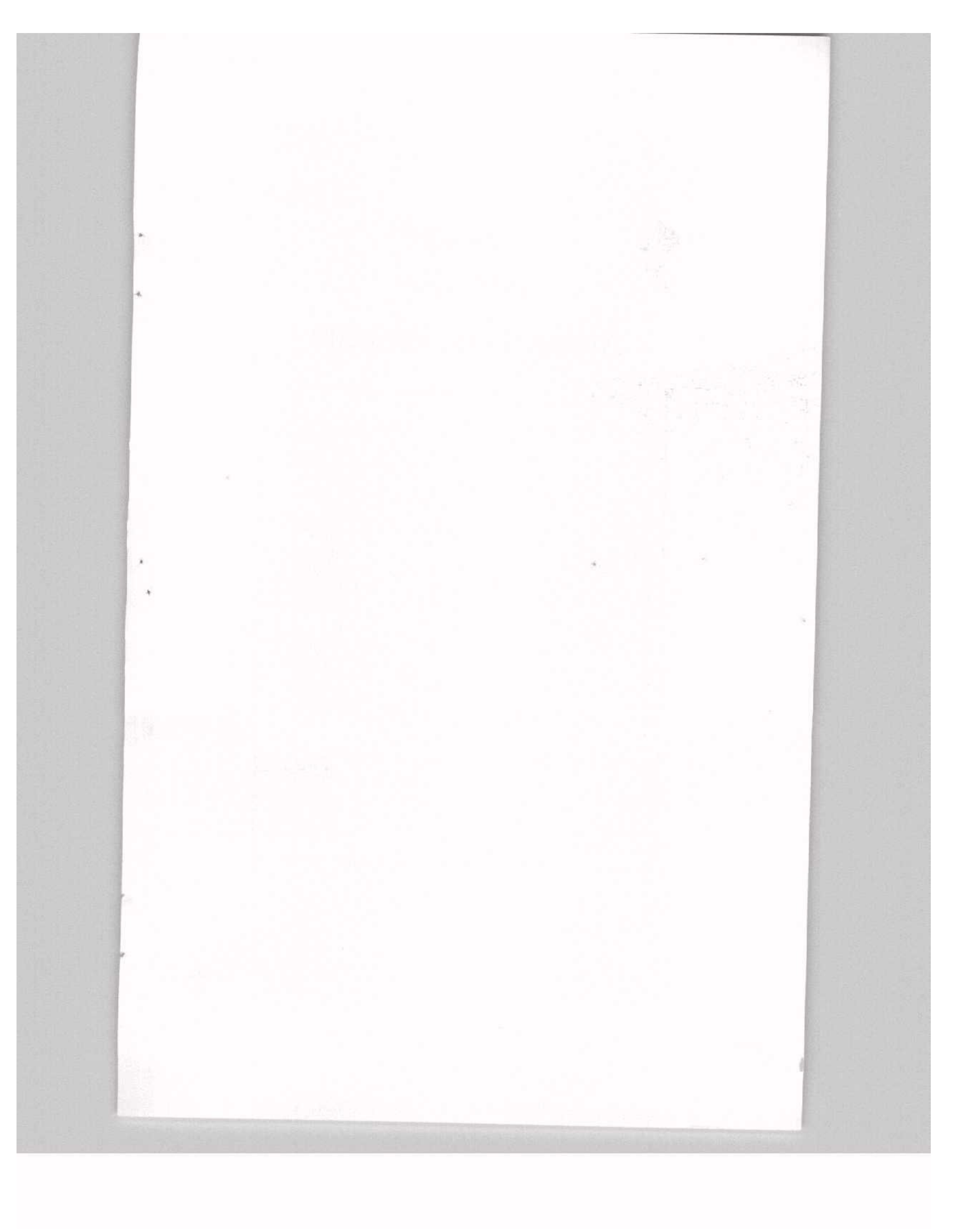
(ش١٢) التغير اليومي لدرجة حرارة الهواء

الباب الثالث

الضغط الجوي

Atmospheric Pressure





الضغـط الجوي

Atmospheric Pressure

تشكل دراسة الضغط الجوي أحد المواضيع الرئيسية في علـم الأرصـاد الجويـة. ويتسبب الاختلاف في الضغط الجوي في حركة الهواء من مكان إلي آخر وتنشـأ مـن ذلـك الرياح. ويميز العلماء بين القوة والضغط حيث أن الضغط هو القوة علي وحـدة المسـاحات. ولهذا فالضغط عند أي نقطة هو القوة المبذولة على وحدة المساحات لسطح مـا ويعـبر عنـه رياضيا بالمعادلة

$$P = F/A$$

حيث F القوى الكلية

A المساحة الكلية

P الضغـط

ويمكن تعريف الضغط الجوي بوزن عمود من الهواء مساحة مقطعه وحـدة المسـاحات ويمتد رأسيا إلى نهاية الغلاف الجوي ومن المعروف أن متوسط الضغط الجـوي يعـادل وزن عمود من الزئبق طوله ٧٦ سم أو ٢٩,٩٢ بوصة ومساحة مقطعه ١ سم^{٢}.

ونظرا لأن غازات الغلاف الجوي تتحرك في جميع الاتجاهات فإنه ينشأ عنـها ضغـط علي أي سطح بغض النظر عن اتجاه هذا السطح علما بأن الضغط الجوي يكون أكبر ما يمكـن بالقرب من سطح الأرض في أي مكان ويقل بالارتفاع إلي أعلا.

<u>وحدات قياس الضغط الجوي:</u>

حيث أن

$$\text{الضغط الجوي} = \frac{\text{قوة}}{\text{مساحة}}$$

أي أن وحدة قياس الضغط الجوي = وحدة قياس قوة / وحدة قياس مساحة

وحدة قياس الضغط الجوي = داين / سم٢

حيث أن الداين هي وحدة القوة في النظام الفرنسي للوحدات

ويستخدم البار **Bar** لقياس الضغط الجوي

حيث أن البـــــار = ١٠ ^٦^ داين / سم^٢^. ولأن هذه الوحدة كبيرة تم استخدام وحدة صغيرة هـــي المللیبار. حيث أن البار = ١٠٠٠ مللیبار.

مللیبار **Mellibar** = ١٠^-٣^ بار = ١٠^٣^ داين / سم^٢^.

واعتبارا مـــن ١٩٨٨/١/١ تـم تسـمية وحـدة **المللیبـــار Mellibar باســم هكتوباسكال HectoPascal** حسب تعليمات المنظمة العالمية للأرصاد الجوية **WMO** ومن الممكـــن استخدام كلا من الوحدتين حيث أن المللیبار = هكتوباسكال = ١٠٠ باسكال لهذا فأني في هـــذا الكتاب سوف أستخدم المللیبار وكذا الهكتوباسكال. وهناك وحدات أخرى تستخدم لقياس الضغـط الجوي هي المللیمتر زئبق والبوصة زئبق. والعلاقة بين هذه الوحدات والهيكتوباسكال هي:

١ بوصة زئبق = ٢٥,٤ مللیمتر = ٣٣,٨٦ هيكتوباسكال

١ مللیمتر زئبق = ٠,٠٣٩٣ بوصة زئبق

= ١,٣٣٣ هيكتوباسكال

١ هيكتوباسكال = ٠,٠٢٩٥ بوصة زئبق

= ٠,٧٥ مللیمتر زئبق

وبصفة عامة فأن الضغط الجوي يتناقص مع الارتفاع ويقل معدل تناقصه كلما ارتفعنـــا عن سطح الأرض. كما أن الضغط الجوى يتغير على سطح الأرض من مكان إلى آخر.

الميل البارومتري **Pressure Tendency:**

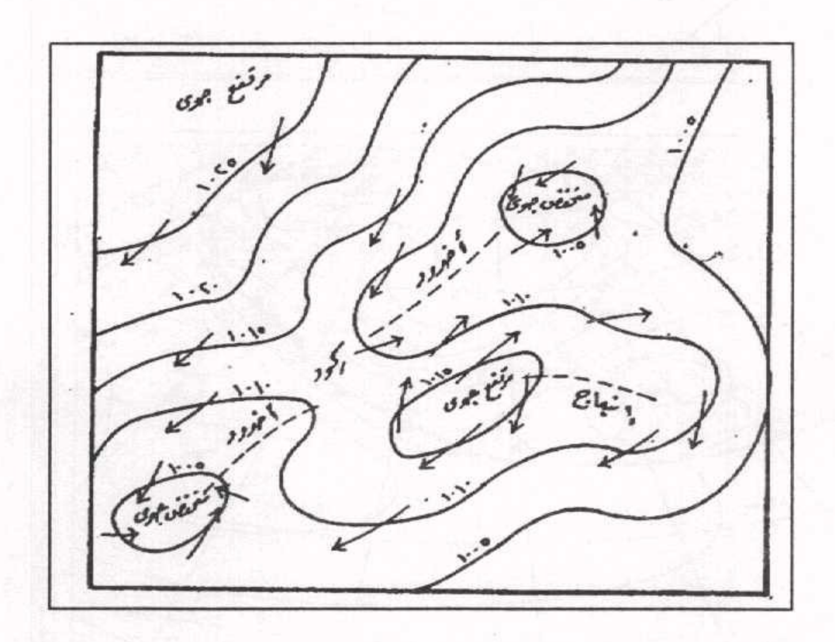
يعرف الميل البارومتري بأنه مقدار التغير في قيمة الضغط الجوي في مكان مـــا خـــلال الثلاث ساعات السابقة لوقت الرصد وترجع أهمية الميل البارومتري إلى أنه يمكن الاستفادة مـن معرفة مقدار الميل البارومتري لمعرفة تحسن أو سوء الأحوال الجوية فإذا كان مقـــدار الميـــل البارومتري موجبا فإن ذلك يعنى إما استمرار الطقس الحسن أو تحسن الطقس الرديء وإذا كان مقدار الميل البارومتري سالبا فهذا يعنى أن الطقس الرديء سوف يستمر أو أن الأحوال الجويـــة سوف تسوء.

خطوط تساوي الضغط الجوي (الأيزوبار) Isobars:

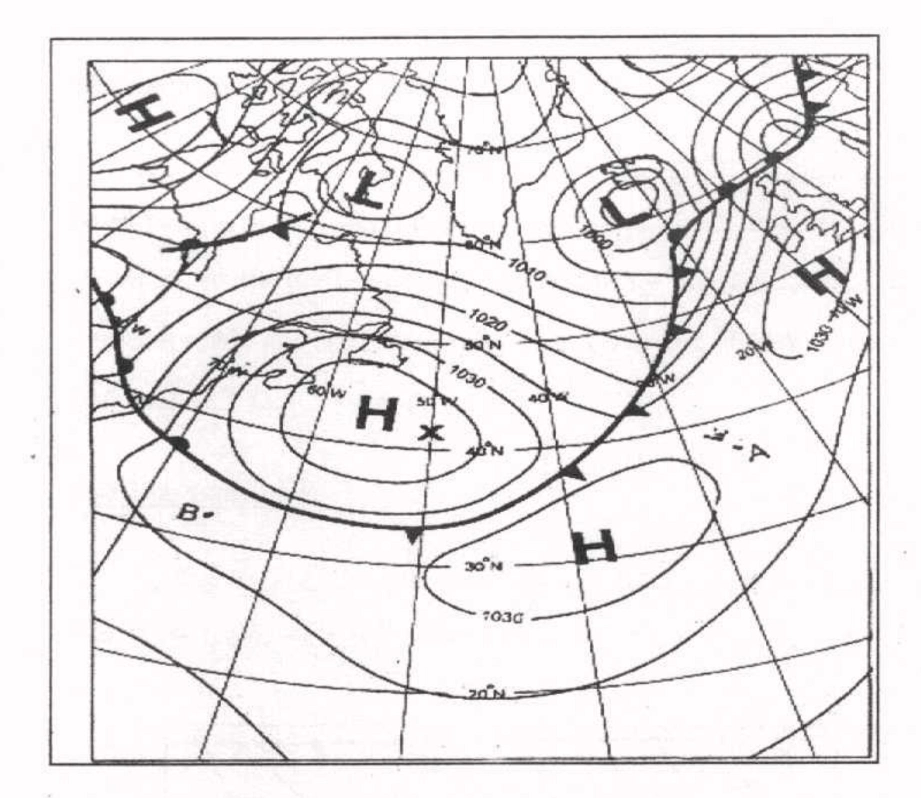
هي الخطوط التي تصل الأماكن ذات الضغط الجوي المتساوي ومن رسم خطوط تساوى الضغط الجوي على خرائط الطقس السطحية يمكن تحديد مواقع مجموعات الضغط المختلفة (المنخفضات Depressions – المرتفعات Anticyclones – أخدود الضغط المنخفض – Ridge of high pressure انبعاج الضغط المرتفع – Trough of low pressure – مناطق الكول Còl) (ش ١٣ – ش١٤ – ش١٥).

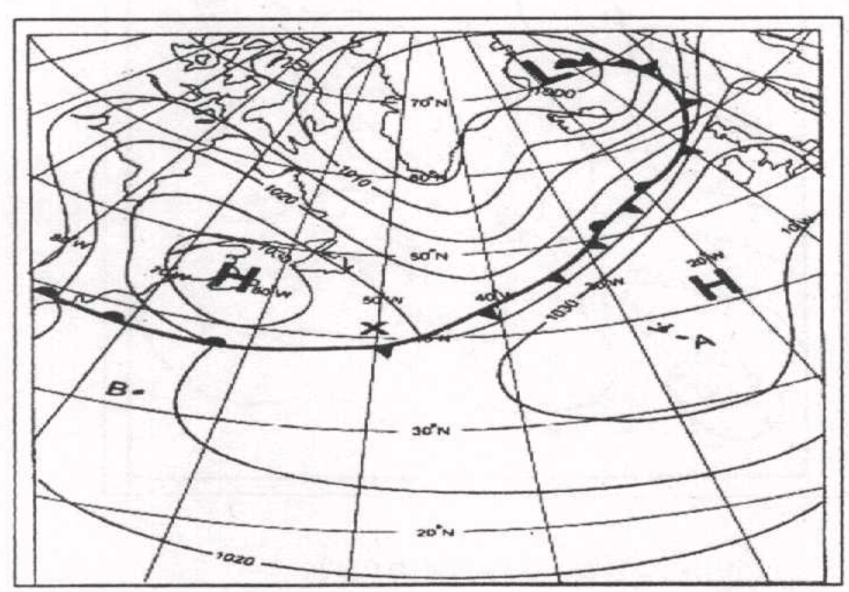
الأيسللوبار Isallobar:

هو الخط الذي يصل الأماكن ذات الميل البارومتري المتساوي ومن خطوط تساوي الميل البارومتري يمكن معرفة حركة المنخفضات الجوية.



(ش ١٣) توزيعات الضغوط

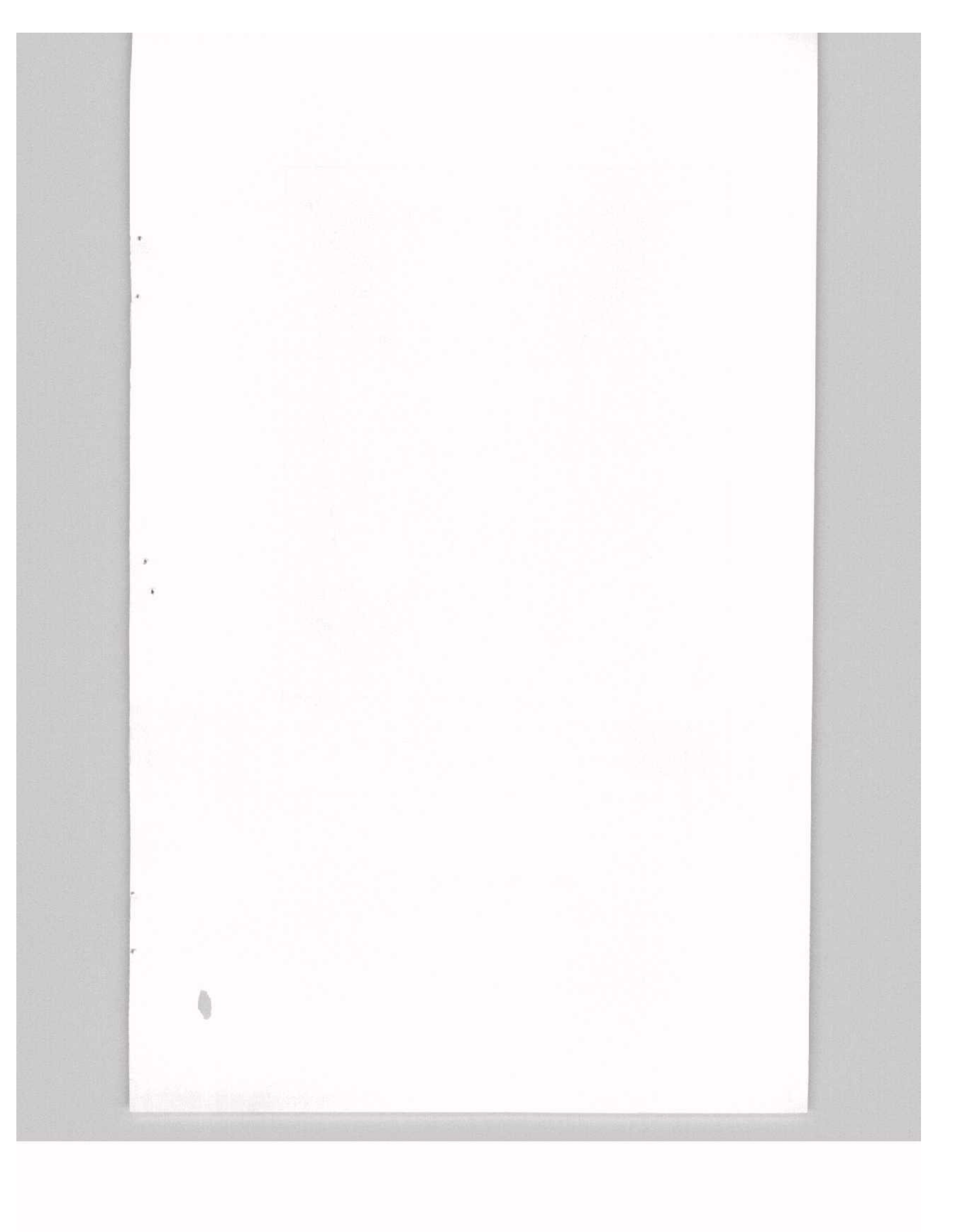




(ش ١٤) توزيعات الضغوط

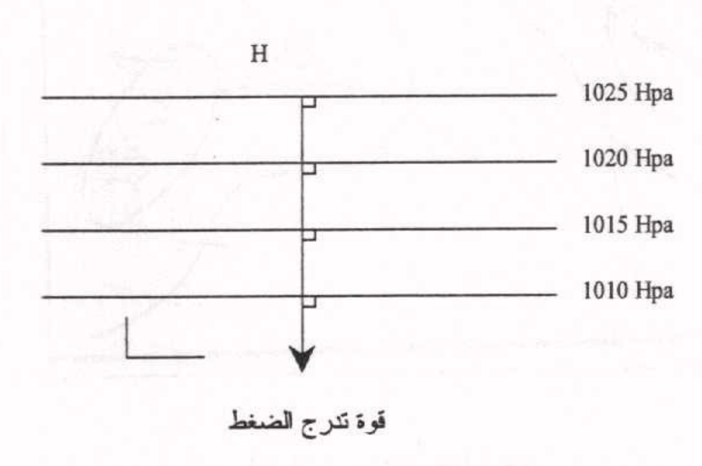


(ش ١٥) توزيعات الضغوط

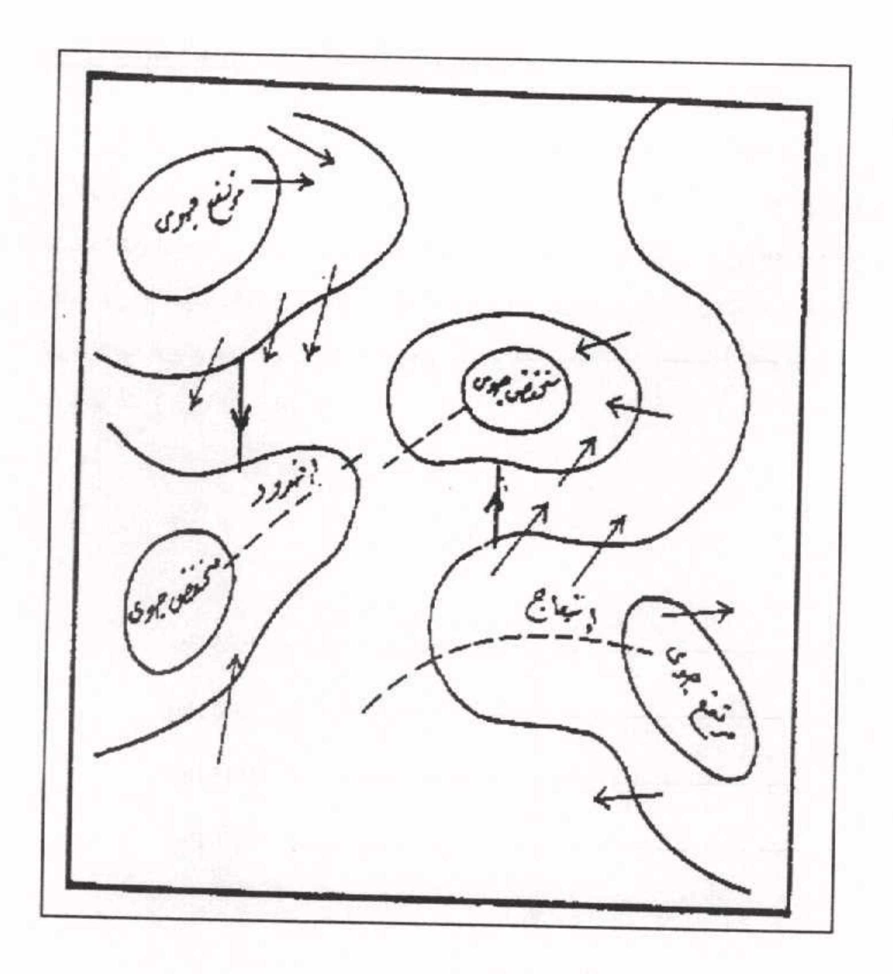


تدرج الضغط الجوي Pressure Gradient:

هو مقدار التغير في الضغط الجوي بالنسبة لوحدة المسافات مقاسا من الضغط المـ ـــع إلى الضغط المنخفض عموديا على الأيسوبارات وتتناسب سرعة الرياح طرديــا مــع تــدرج الضغط ومن المعروف أنه كلما كانت المسافة بين الأيسوبارات كبيرة كان تدرج الضغط صغـير وكانت الرياح خفيفة والعكس إذا كانت المسافة بين الأيسوبارات صغيرة كان تــدرج الضغـ كبير وكانت الرياح قوية أي أن سرعة الرياح تتناسب عكسـيا مـع المسـافة العموديـ بيـن الأيسوبارات (ش ١٦) - (ش١٧).



(ش١٦) تدرج الضغط الجوي



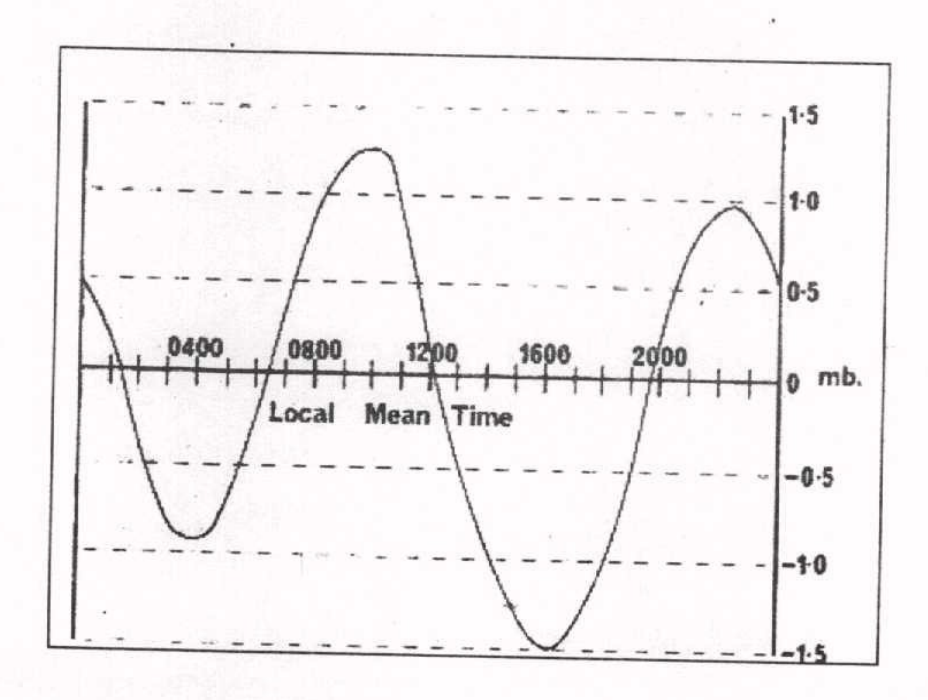
(ش١٧) تدرج الضغط الجوي

التغير النصف يومـــي للضغـط الجـوي Semi-durinal Variation of Pressure:

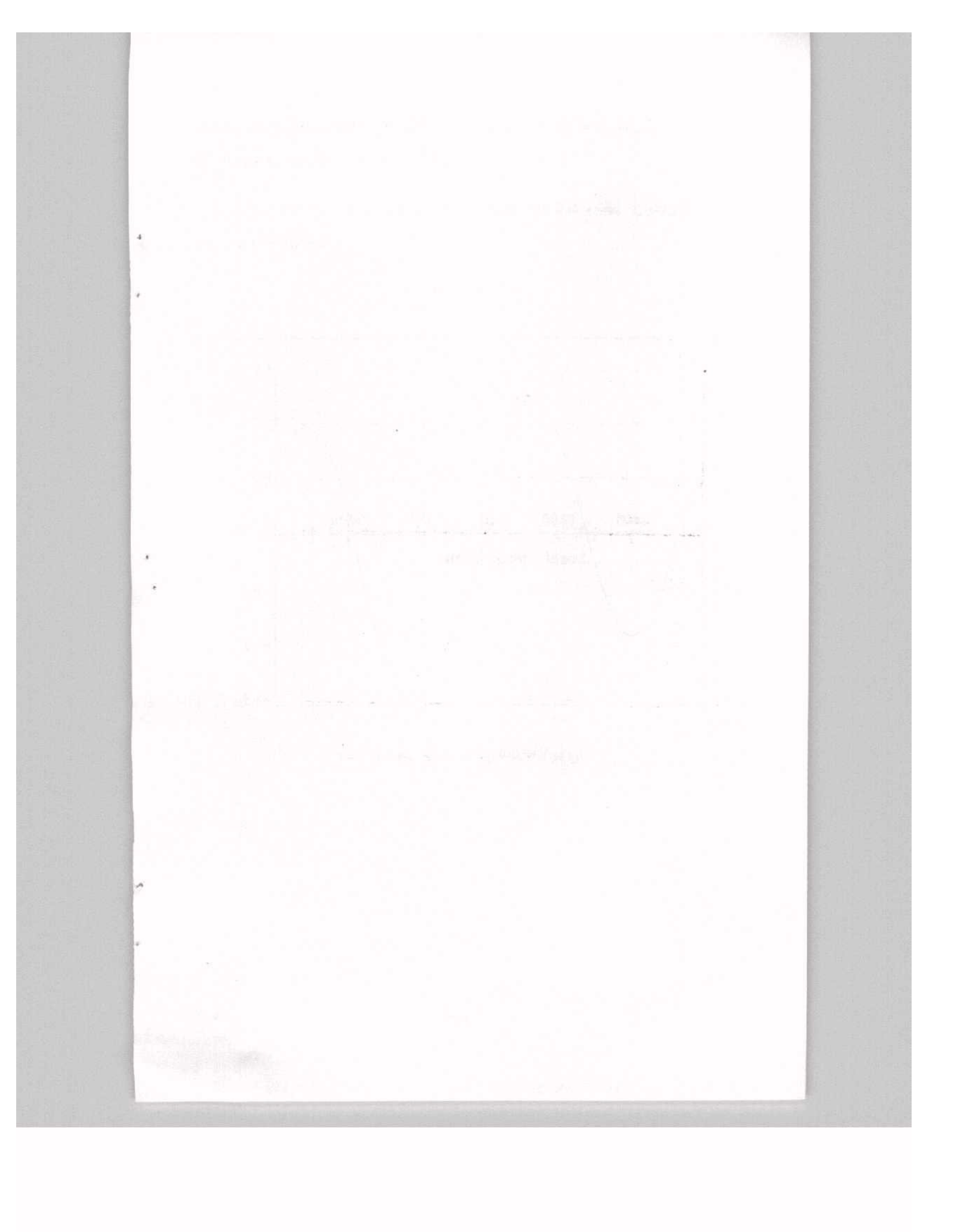
يتغير الضغط الجوي في مكان ما حسب الوقت من اليوم فهو يصل إلى نهايته الصغـرى حوالي الساعة ٠٤٠٠ ، ١٦٠٠ بالتوقيت المحلى لهذا المكان ويصل إلى نهايته العظمى حوالـي الساعة ١٠٠٠ ، ٢٢٠٠ بالتوقيت المحلى لهذا المكان (ش ١٨) ويسمى الفرق بيـن النـهايتين العظمى والصغرى باسم المدى النصف يومي للضغط الجوى ويكون هـذا المـدى كبـير فـي

المناطق المدارية وأقل ما يمكن في خطوط العرض العالية كما أن هذا المدى يكون كبير فـــوق الأرض وصغير فوق البحر عند نفس خط العرض

وبصفة عامة فأن التغير النصف يومي للضغط الجوي غير ثابت ويتغير من مكان إلـــي أخر ومن وقت إلي أخر.



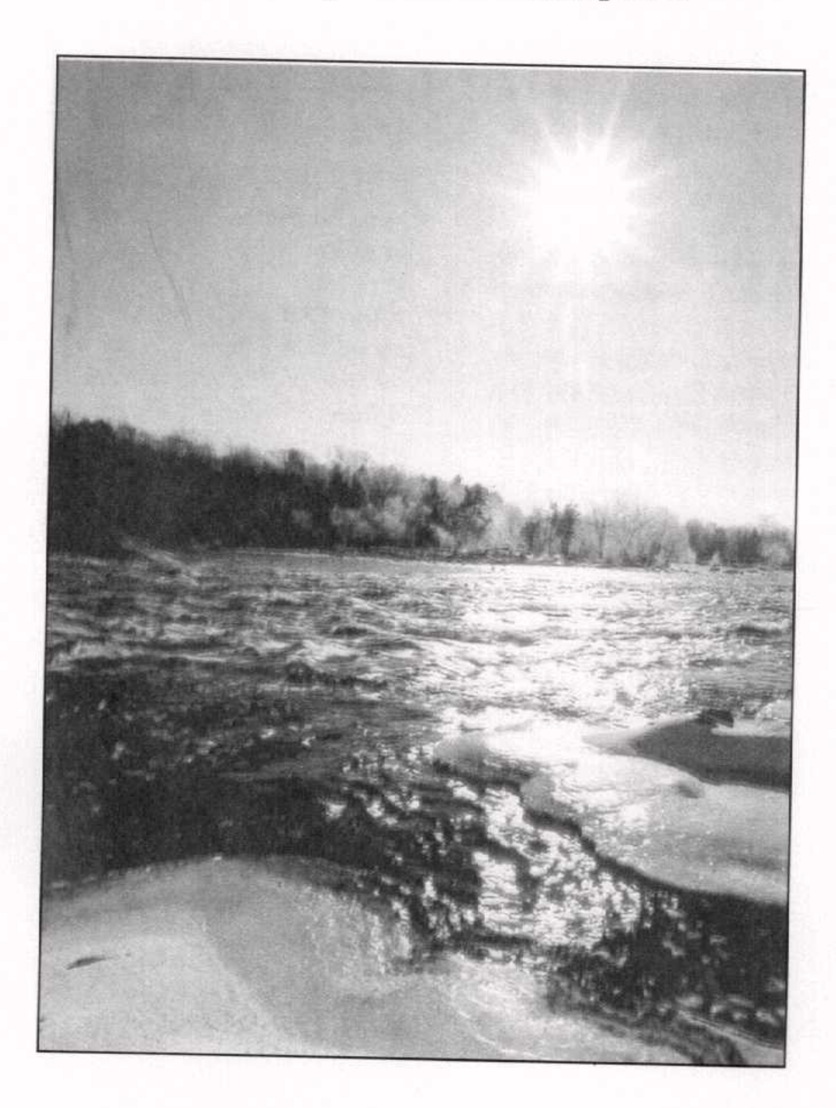
(ش١٨) التغير النصف يومي للضغط الجوي



الباب الرابع

بخار الماء فى الغلاف الجوى

Water Vapour in the Atmosphere





الباب الرابع

بخار الماء في الغلاف الجوي

Water Vapour In The Atmosphere

يمر بخار الماء في الغلاف الجوى بثلاث عمليات طبيعيــــة هــي البخــر والتكثــف والهطول.

أولا : البخــر Evaporation:

هي العملية التي بواسطتها يتم تحويل الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية (**بخـــار الماء Water vapour**).

ومعدل البخر ليس ثابت بل يعتمد على العوامل التالية :

١- سرعة الرياح : كلما زادت سرعة الرياح زاد البخر والعكس.

٢- درجة الحرارة : كلما زادت درجة الحرارة زاد البخر والعكس.

٣- مساحة السطح : كلما كان السطح كبير كان معدل البخر كبير والعكس.

٤- الضغط الجوي : يقل معدل البخر بزيادة الضغط الجوي والعكس.

٥- الرطوبة : يقل معدل البخر كلما زادت الرطوبة والعكس.

٦- الشوائب (الملوحة): يقل معدل البخــر كلمــا زادت الشــوائب (الملوحــة) والعكس.

الرطــوبة Humidity:

كلمة الرطوبة تستخدم للدلالة على كمية بخار الماء الموجودة في الهواء والـــهواء قـــادر على احتواء كمية معينة لا يتخطاها من بخار الماء وهذه الكمية تختلف حسب درجـــة الحـــرارة

والضغط الجوي. ويسمى الهواء في هذه الحالة بالهواء المشبع ويمكن التعبـــير عـــن الرطوبـــة بإحدى الطرق التالية:

(١) **الرطوبة المطلقة Absolute Humidity:**

هي كمية بخار الماء الموجودة في متر مكعب من الهواء.

(٢) **الرطوبة النوعية Specific Humidity:**

هي كمية بخار الماء الموجودة في كيلوجرام من الهواء.

(٣) **نسبة الخلط للرطوبة Humidity Mixing Ratio:**

هي وزن بخار الماء بالجرام المختلطة بكيلوجرام واحد من الهواء الجاف.

(٤) **ضغط بخار الماء Water Vapour Pressure:**

هو الضغط الجزئي الناتج عن كمية بخار الماء الموجودة فعلا في الهواء.

(٥) **ضغط بخار الماء المشبع Saturated Water Vapour Pressure:**

هو الضغط الجزئي الناتج عن تواجد كمية من بخار الماء اللازمة لتشبع الهواء.

(٦) **الرطوبة النسبية Relative Humidity:**

هي النسبة المئوية بين كمية بخار الماء الموجودة فعلا في حجم معين من الهواء وكميـــة بخار الماء اللازمة لتشبع نفس الحجم من الهواء عند نفس درجة الحرارة.

أي أن:

$$\text{الرطوبة النسبية} = \frac{\text{كمية بخار الماء الموجودة فعلا في الهواء}}{\text{كمية بخار الماء اللازمة للتشبع عند نفس درجة الحرارة}} \times ١٠٠$$

$$\text{الرطوبة النسبية} = \frac{\text{ضغط بخار الماء الفعلي}}{\text{ضغط بخار الماء المشبع عند نفس درجة الحرارة}} \times ١٠٠$$

$$\text{الرطوبة النسبية} = \frac{\text{الرطوبة المطلقة}}{\text{كمية بخار الماء اللازمة لتشبع متر مكعب من الهواء}} \times ١٠٠$$

$$\text{الرطوبة النسبية} = \frac{\text{الرطوبة النوعية}}{\text{كمية بخار الماء اللازمة لتشبع كيلوجرام من الهواء}} \times ١٠٠$$

تأثير بخار الماء على كثافة الهواء:

من المعروف أن كثافة بخار الماء في درجات الحرارة العادية أقل من كثافة الهواء الجاف في نفس هذه الدرجة لذلك فإن اختلاط بخار الماء بالهواء الجاف يتسبب في تقليل كثافة الهواء وكلما زادت كمية بخار الماء في الهواء كلما قلت كثافة الهواء.

التغير اليومي للرطوبة النسبية Durinal Variation of Relative Humidity:

للرطوبة النسبية تغير يومي عكس التغير اليومي لدرجة حرارة الهواء لأنه كلما ارتفعت درجة حرارة الهواء كلما زادت كمية بخار الماء اللازمة لتشبع الهواء وعلى ذلك تقل الرطوبة النسبية أثناء النهار حتى تصل إلى نهايتها الصغرى مع النهاية العظمى لدرجة حرارة الهواء وتزداد الرطوبة النسبية أثناء الليل حتى تصل إلى نهايتها العظمى مع النهاية الصغرى لدرجة حرارة الهواء كما هو واضح من شكل ١٩.

درجة حرارة نقطة الندى Dew-Point Temperature:

هي درجة الحرارة التي يصل عندها الهواء الغير مشبع إلي هواء مشبع مع ثبوت الضغط. ويمكن ملاحظة ما يأتي:

١- إذا كانت درجة حرارة الهواء أعلى من درجة حرارة نقطة الندى فالهواء غير مشبع.
٢- إذا كانت درجة حرارة الهواء تساوى درجة حرارة نقطة الندى يصبح الهواء مشبعا.
٣- إذا برد الهواء إلى أقل من نقطة الندى يحدث التكثف

ثانيا : التكثف Condensation:

التكثف هو العملية التي يتم فيها تحول بخار الماء من حالته الغازية إلى الحالة السائلة أو الصلبة والتكثف هو المرحلة التي تلي تشبع الهواء ببخار الماء في دورة بخار الماء في الجو أي أن التكثف لا يحدث في الغلاف الجوي إلا بعد مرور الهواء بمرحلة التشبع.

شروط تكثف بخار الماء في الجو:

١- وجود كمية كافية من بخار الماء.

٢- تبريد الهواء الرطب إلى نقطة الندى أو أقل منها ومن المعروف أن الهواء الرطب يبرد إلى نقطة الندى أو دونها بإحدى الطرق التالية:

أ - مرور هواء ساخن رطب على سطح أرض أو بحر درجة حرارتهما أقل من نقطة الندى للهواء.

ب- عندما يختلط هواء ساخن رطب مع هواء بارد رطب.

ج - بالتبريد الذاتي للهواء عندما يجبر الهواء الرطب على الصعود إلى أعلا فيبرد حتى يصل إلى نقطة الندى أو ما دونها.

٣-وجود نويات التكثف Nucleus of Condensation مثل الأملاح والدخان وخلافه.

كيف يصل الهواء إلى حالة التشبع اللازمة للتكثف:

يصل الهواء إلى حالة التشبع اللازمة للتكثف بإحدى الطرق التالية:

أولا : بزيادة كمية بخار الماء في الجو بواسطة:

١- تبخر المسطحات المائية.

٢- تبخر الأمطار الساقطة من السحب.

ثانيا : تبريد الهواء إلى نقطة الندي أو ما دونها وذلك بإحدى الطرق الآتية:

- التوصيل: عندما يمر هواء ساخن رطب على سطح بارد درجة حرارته أقل من نقطة الندى للهواء.
- الاختلاط: عندما تختلط كتلتين مختلفتين من الهواء أحدهما ساخنة والأخرى باردة.

- التبريد الذاتي: عندما يجبر الهواء إلى الصعود إلى أعلا فتقل درجة حرارته.

صور تكثف بخار الماء في الغلاف الجوي Condensation Form :

تختلف صور تكثف بخار الماء في الغلاف الجوي حسب المستوي التي حـــدث عنـــده التكثـــف وبصفة عامة تشمل صور التكثف الحالات التالية:

أولا: علي سطح الأرض والأشياء القريبة من سطح الأرض ويشمل:

أ – الندى Dew:

عندما يتكثف بخار الماء على سطح الأرض والأسطح الباردة (الأسطح المعدنية وأوراق الشجر) وتكون درجة الحرارة أكبر من الصفر المئوي.

ب– الصقيع Frost:

عندما يتكثف بخار الماء على شكل بلورات ثلج على سطح الأرض والأســطح البـــاردة وتكون درجة الحرارة أقل من الصفر المئوي.

ثانيا: بالقرب من سطح الأرض ويشمل:

أ – الضــــــباب Fog:

هو إحدى صور تكثف بخار الماء في الجو عندما يتكثف بخار الماء على شكل قطرات ماء في طبقة تلامس قاعدتها سطح الأرض وتقل بسببها الرؤية الأفقية إلى أقل من ١ كم وتكون الرطوبة النسبية ١٠٠%.

ب – الشـــــبورة Mist:

هي إحدى صور تكثف بخار الماء في الجو عندما يتكثف بخار الماء على شكل قطـــرات ماء في طبقة تلامس قاعدتها سطح الأرض وتكون الرؤية أكبر من ١ كم والرطوبة النسبية فـــي حدود ٨٥%.

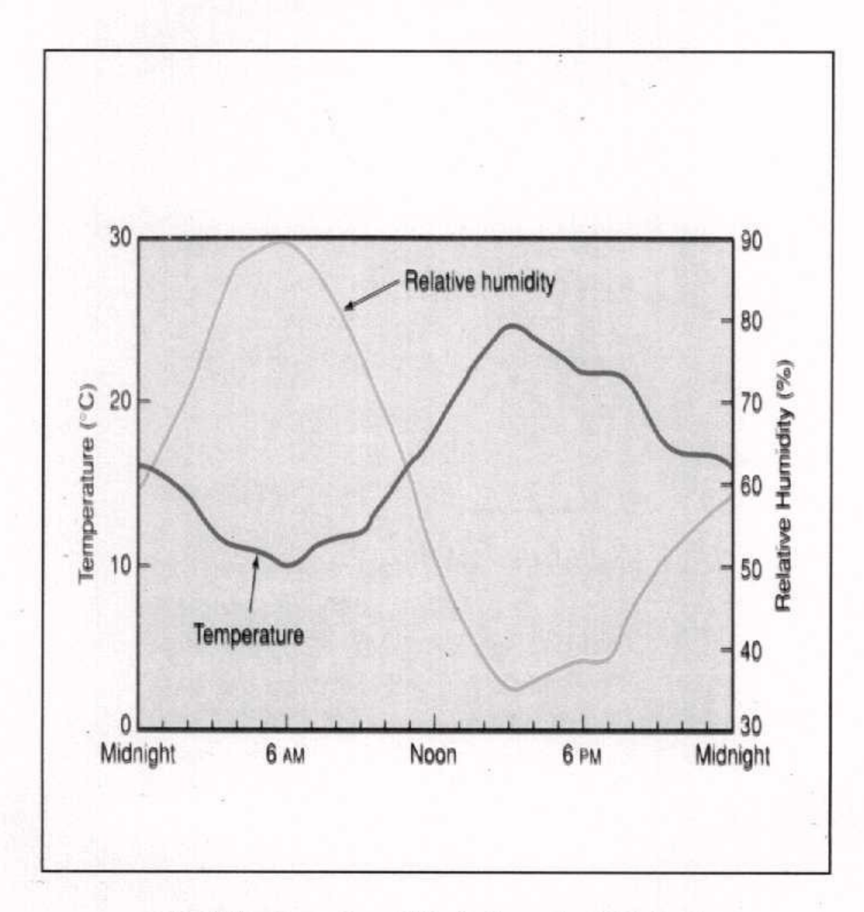
ثالثا: علي ارتفاعات مختلفة من سطح الأرض وتشمل:

السحب Clouds:

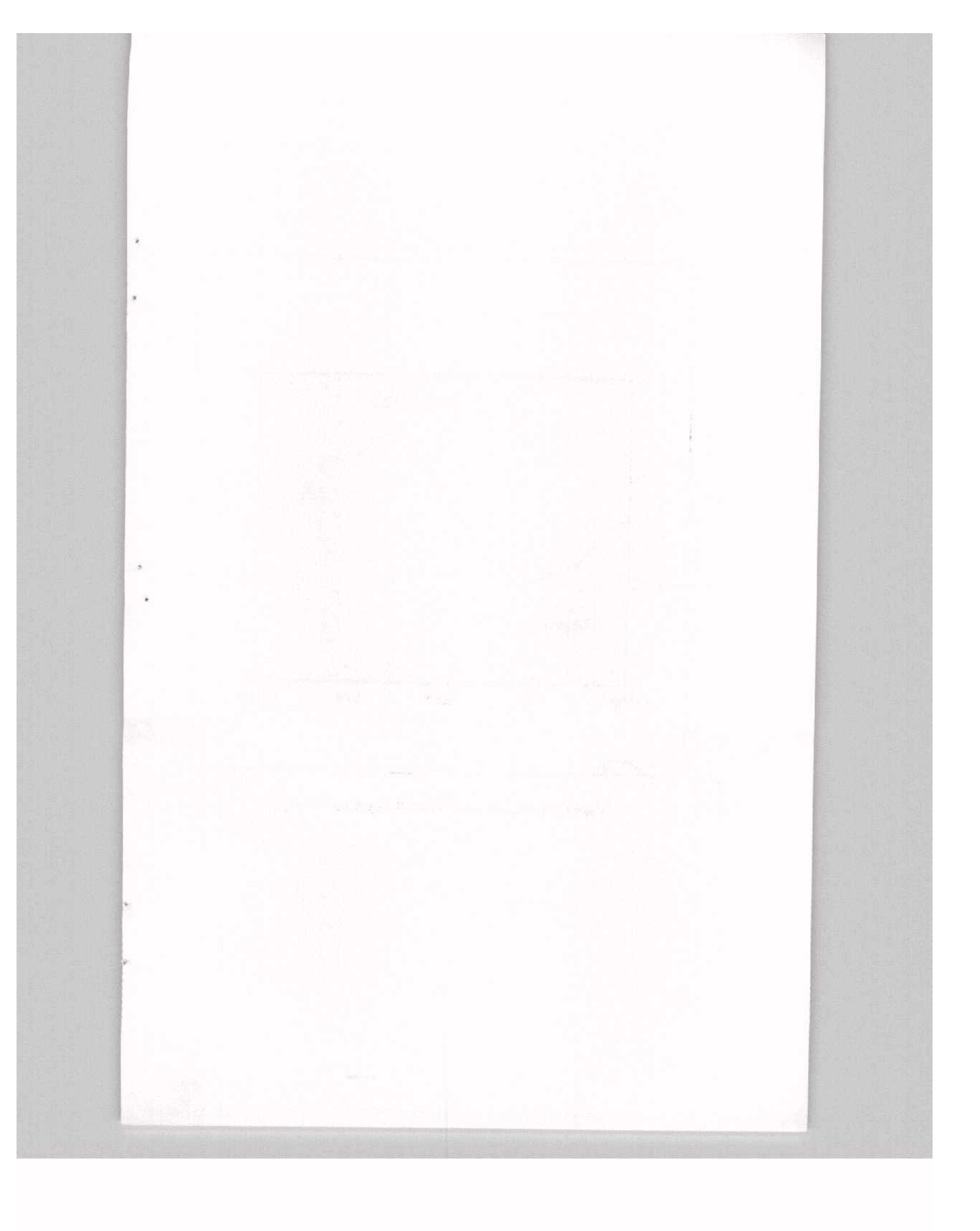
هو إحدى صور تكثف بخار الماء في الجو عندما يتكثف بخار الماء على شكل قطرات ماء أو بلورات جليد في طبقة لا تلامس قاعدتها سطح الأرض وسيتم مناقشة السحب بالتفصيل في الباب الخامس .

ثالثا : الهطول Precipitation:

الهطول هو مصطلح يطلق على جميع أنواع المكونات المائية الساقطة من السحب مثل المطر، الثلج، البرد، الثلج المتجمع ومشتقاتها. والهطول هو نهاية دورة حياة بخار الماء عندما لا يستطيع الهواء الصاعد أن يحمل مكونات السحابة فتسقط إلى الأرض.



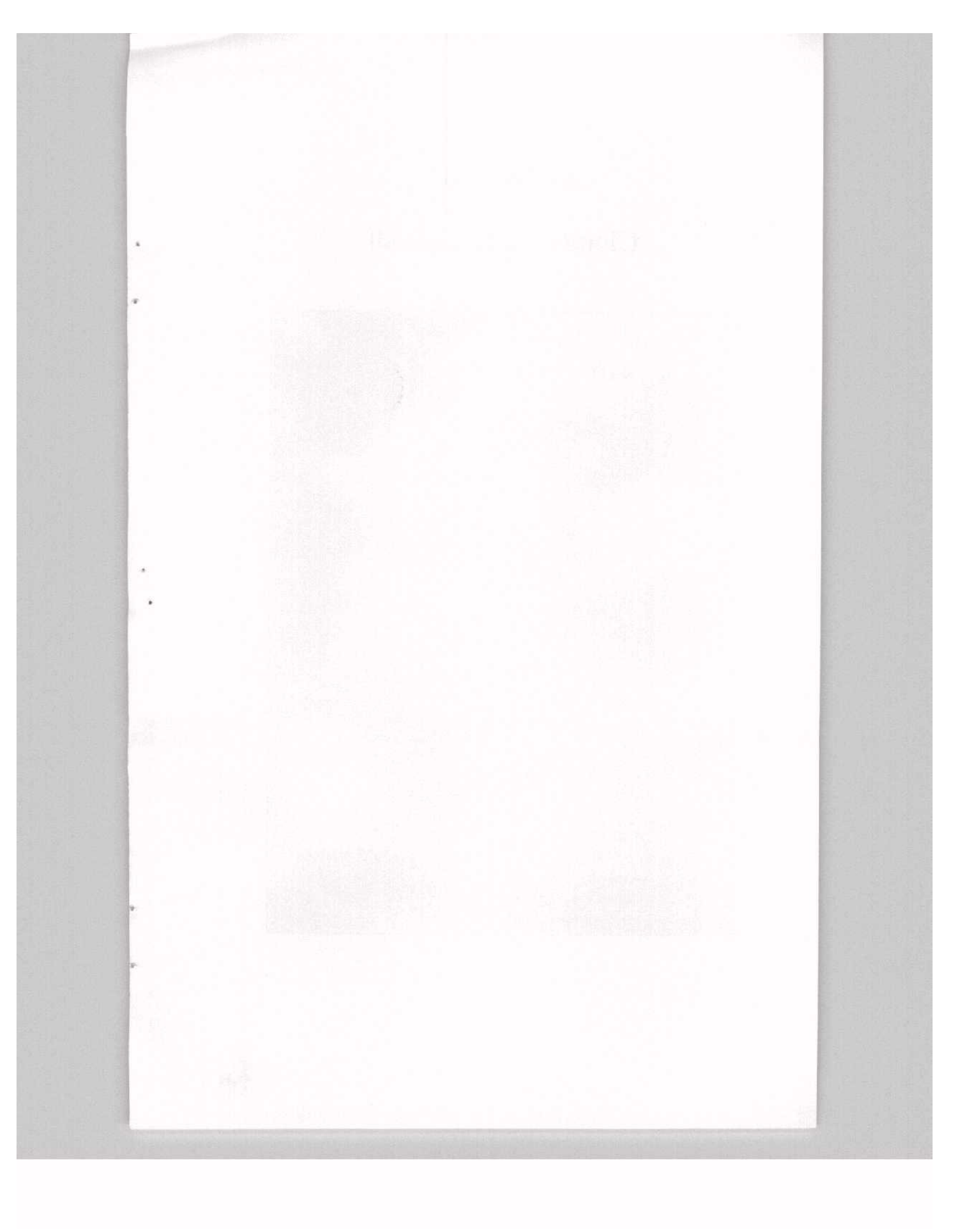
(ش ١٩) التغير اليومى للرطوبة النسبية ودرجة حرارة الهواء



الباب الخامس

السحـــــاب Clouds





الباب الخامس

السحـــــــاب Clouds

السحاب هو إحدى صور تكثف بخار الماء في الجو عندما يتكثف بخار المـــاء علـــى شكل قطرات ماء أو بلورات جليد في طبقة لا تلامس قاعدتها سطح الأرض.
وبصفة عامة يمكن تميز طريقتين لتكون السحب هما:

السحب الركامية Cumuloform Clouds: وفيها تتجمع السحب في طبقات متراصة فـــوق بعضها البعض وعادة ما تكون منفصلة عن بعضها بمساحات صافية ويكون نموها الرأسي أكبر من الأفقي وهى تتكون في الجو الغير مستقر.

السحب الطبقية Stratoform Clouds: وفيها تتكون مكونات السحب في طبقات متراصـــة تغطى مساحة كبيرة من السماء ويكون اتساعها الأفقي أكبر من نموها الرأسي وهى تتكون فـــي الجو المستقر.

<u>سلالات السـحب:</u> يمكن تقسيم السحب من حيث سلالاتها إلي عشر سلالات رئيسية وهى:

١- المسحاق	Ci	Cirrus
٢- المسحاق الركامى	Cc	Cirrocumulus
٣- المسحاق الطبقي	Cs	Cirrostratus
٤- الركام المتوسط	Ac	Altocumulus
٥- الطبقي المتوسط	As	Altostratus
٦- الطبقي المزني	Ns	Nimbostratus
٧- الركام الطبقي	Sc	Stratocumulus
٨- الطبقي	St	Stratus
٩- الركام	Cu	Cumulus
١٠- الركام المزني	Cb	Cumulonimbus

ويمكن تقسيم هذه السلالات العشر من السحب من حيث ارتفاع قاعدتـــها عـن سـطح الأرض إلي ثلاث مجموعات علما بأن ارتفاع قاعدة السحب يقل كلما قربت من القطبين بينمـــا يزيد هذا الارتفاع كلما قربت من خط الاستواء وذلك أيا كانت سلالاتها أو أشكالها .

أولا: مجموعة السحب العالية الارتفاع High Clouds (CH):

تظهر قاعدة هذه المجموعة من السحب في منطقة الشرق الأوسط على ارتفاع أكبر من ٦ كم فوق سطح الأرض وتضم هذه المجموعة سلالات **سحب السمحاق (Ci) والسمحاق الركامى (Cc) والسمحاق الطبقي (Cs).**

ثانيا: مجموعة السحب المتوسطة الارتفاع Medium Clouds (CM):

تظهر قاعدة هذه المجموعة من السحب في منطقة الشرق الأوسط على ارتفاعات تتراوح بين ٢ ، ٦ كم فوق سطح الأرض وتضم هذه المجموعة سلالات **سحب الركام المتوسط (Ac) والطبقي المتوسط (As) والطبقي المزني (Ns).**

ثالثا: مجموعة السحب المنخفضة الارتفاع Low Clouds (CL):

تظهر قاعدة هذه المجموعة من السحب في منطقة الشرق الأوسط على الارتفاعات التي تقل عن ٢ كم من سطح الأرض وتضم هذه المجموعة **سلالات سحب الركام الطبقي (Sc) والطبقي (St) والركام (Cu) والركام المزني (Cb).**

وفيما يلي وصف سلالات السحب المختلفة:

أولا: مجموعة السحب العالية الارتفاع:

١- السمحاق Cirrus (Ci):

تنتمي سحب السمحاق إلى مجموعة السحب العالية الارتفاع وهى من السحب التي يتوقف لونها على موقع ووقت ظهورها في كبد السماء وتظهر سحب السمحاق على شكل قطع شعرية أو حريرية لامعة أو من خليط منهما أو على شكل خيوط أو ألياف رقيقة أو على شكل حزم أو شرائط ضيقة أما من حيث قاعدة هذه السحب فهي نادرة ما تأخذ أشكالا ثديية. وسحب السمحاق من السحب التي لا يسقط منها هطول كما أنها من السحب التي قد يصاحبها في بعض الأحيان ظهور هالة شمسية أو هالة قمرية غير مكتملة التكوين أو غير متصلة الأجزاء ويرجع عدم

اكتمال هذه الهالة أو عدم اتصال هذه الهالة إلي أن هذه السلالة من السحب لا تظهر علي شـكل غلالة أو طبقة متصلة الأجزاء (ش٢٠).

٢- السمحاق الركامي (Cirrocumulus(Cc:

تنتمي سحب السمحاق الركامي إلى مجموعة السحب العالية الارتفاع وهي سحب رقيقـة بيضاء متجانسة اللون تظهر على شكل رقعة أو صفحة أو طبقة من قطع صغيرة الحجـم جـدا منتظمة في ترتيبها على الوجه الذي يجعل هذه السحب حبيبيه المظهر وقد تتصل أو تتداخل هذه القطع الصغيرة مما يكسب السحاب في هذه الحالة شكلا موجيا واضحا. أما من حيث قاعدة هـذه السلالة فهي نادرا ما تأخذ أشكالا ثديية ونادرا ما تخرج منها شعب تظهر على شكل ذيول تتدلى في الاتجاه الرأسي أو في الاتجاه المائل .

وسحب السمحاق الركامي من السحب التي لا يسقط منها هطول كما أنها مـن السـحب التي قد يصاحبها ظهور إكليل شمسي أو إكليل قمري أو ظهور بعض الألوان التي يغلب عليـها خليط من اللون الأخضر واللون الأحمر الوردي أو ظهور هذه الألوان علـى شـكل حـزم أو شرائط موازية لحافة القطع التي تتكون منها السحابة.

هذا ويجب عدم الخلط بين **سحب السمحاق الركامي (Cc)** وبين **سحب الركام المتوسـط (Ac)** اللذين قد يتشابهان أحيانا في مظهرهما العام وعلى الأخص في الحالات التي يظهر فيـها السمحاق الركامي على الارتفاعات التي تقل عن الارتفاعات التي يظهر فيها عادة ولهذا يجـب أن ننتبه إلى أن سحب السمحاق الركامي تتميز بأنها من السحب الرقيقـة البيضـاء المتجانسـة اللون في حين أن الركام المتوسط من السحب البيضاء غير المتجانسة اللون التي تميل في بعض أجزائها إلى اللون الرمادي كما أن الأجزاء التي تتكون منها سحب السمحاق الركـامي أصغـر بكثير من الأجزاء التي تتكون منها سحب الركام المتوسط (ش٢١)

٣- السمحاق الطبقي (Cirrostratus (Cs:

تنتمي سحب السمحاق الطبقي إلي مجموعة السحب العالية الارتفاع وتظهر هذه السـحب على شكل غلالة شفافة شعرية أو ملساء تميل إلى اللون الأبيض وهي أحيانا ما تغطي السـماء بأكملها وأحيانا ما تغطي بعض أجزائها فقط ونادرا ما تكون الحدود الخارجية لهذه الغلالة فـي الحالة الأخيرة مستقيمة أو محددة المعالم بل غالبا ما يتفرع منها نتف من السمحاق مما يجعـل

هذه الحدود ذات شكل غير منتظم. ومن مميزات السمحاق الطبقي أنها من السحب التي تتغـــير ألوانها مع موقع ووقت ظهورها في كبد السماء كما هو الحال في سحب السمحاق .

هذا ويمكن من خلال سحب السمحاق الطبقي رؤية المعالم الخارجية لقرص الشـــمس أو القمر بوضوح وذلك فيما عدا الحالات التي يكون فيها هذا القرص قريبا مـــن الأفـــق (حـــالتي الشروق والغروب) كما أنها من السحب التي لا تمنع الأجسام من إلقـــاء ظلـــها علـــى الأرض لرقتها وعلى الأخص عندما تظهر في كبد السماء.

وسحب السمحاق الطبقي من السحب التي لا يسقط منها هطول كما أنها وعلى الأخـــص الرقيق منها من السحب التي عادة ما يصاحبها ظهور هالة شمسية أو هالة قمريـــة علمـــا بـــأن اكتمال ظهور هذه الهالة يتوقف على مدى تغطية هذه السحب للسماء فهي تظهر كدائرة كاملـــة إذا كانت السماء مغطاة أو تكاد تكون مغطاة بغلالة من هذه السحب أما إذا اقتصر تغطية هـــذه الغلالة على جزء من السماء فقط ففي هذه الحالة فأن الجزء الذي يظهر من هذه الهالة لا يتعدى الجزء الذي تغطيه هذه الغلالة هذا وقد يحدث في بعض الأحيان رؤية هذه الهالة مكتملة أو غير مكتملة دون التمكن من رؤية أو تمييـــز غلالـــة الســـمحاق الطبقـــي التـــي تصاحبـــها لشـــدة رقتهــــــــا.

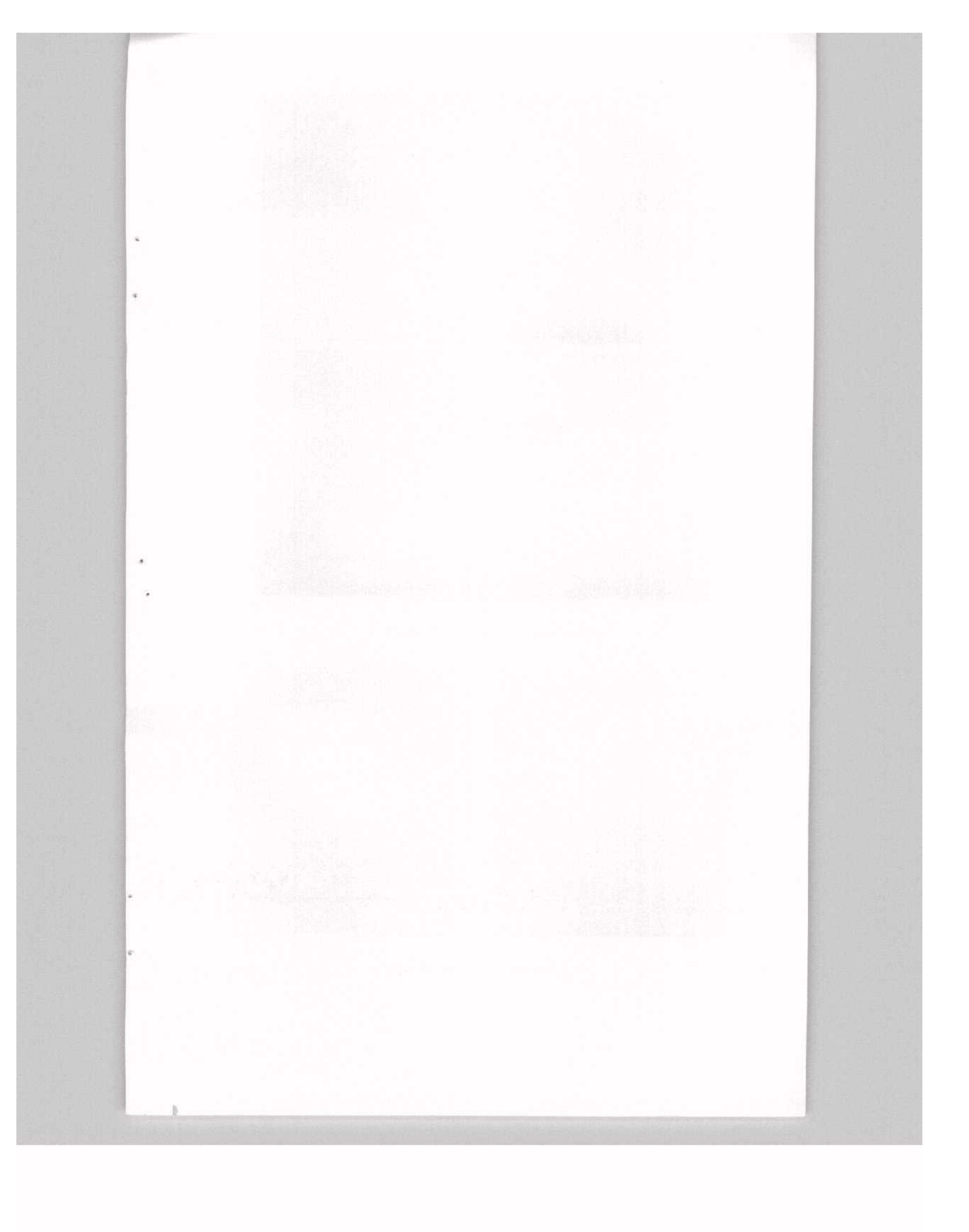
هذا ويجب عدم الخلط بين **سحب السمحاق الطبقي(Cs)** وبين **سحب الطبقي المتوســـط (As)** اللذين قد يتشابهان أحيانا في مظهرهما العام وعلى الأخص في الحالات التي يظهر فيـــها السمحاق الطبقي على الارتفاعات التي تقل عن الارتفاعات التي يظهر فيها عـــادة وفـــي هـــذه الحالات يجب أن ننتبه إلى أن سحب السمحاق الطبقي تتميز بأنها لا تمنع الأجسام من إلقاء ظلها على الأرض لرقتها وأنها عادة ما تكون مصحوبة بهالة شمسية أو هالة قمريـــة فـــي حيـــن أن سحب الطبقي المتوسط من السحب الأشد كثافة إلى الدرجة التي قد تحجب معها قرص الشـــمس أو القمر كما أنها من السحب التي لا يصاحبها ظهور هالة شمسية أو قمريـــة بـــل غالبـــا مـــا يصاحب الأجزاء الرقيقة منها ظهور إكليل شمسي أو قمري (ش٢٢).




(ش ٢٠) أشكال مختلفة من سحاب السمحاق



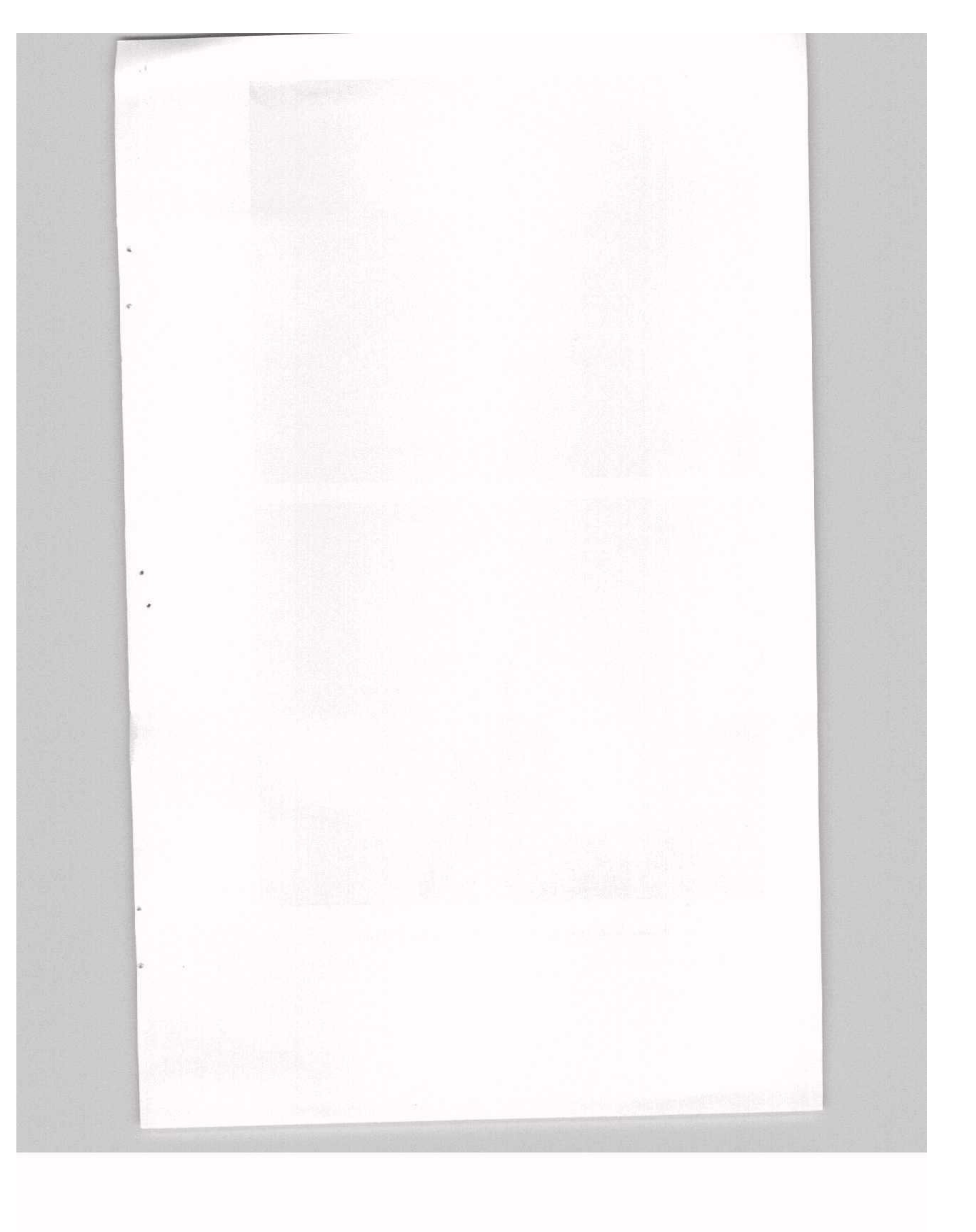

(ش ٢١) سحب السمحاق الركامى







(ش ٢٢) سحب السمحاق الطبقى مع وجود هالة شمسية



ثانيا: مجموعة السحب المتوسطة الارتفاع:

١- الركام المتوسط (Altocumulus (Ac:

تنتمي سحب الركام المتوسط إلى مجموعة السحب المتوسطة الارتفاع وهى من السحب التي تتفاوت رقتها تفاوتا كبيرا فمنها الرقيق أو النصف شفاف ومنها المعتم وهى غالبا ما تكون غير متجانسة اللون إذ يأخذ بعض أجزائها اللون الأبيض بينما يأخذ البعض الآخر اللون الرمادي. وتظهر هذه السحب على شكل طبقة واحدة وهى الحالة الأقل شيوعا أو على شكل طبقتين أو أكثر وهى الحالة الأكثر شيوعا وتتكون كل طبقة من طبقات هذه السحب من صفائح رقيقة أو من قطع كروية أو أسطوانية الشكل يأخذ بعضها مظهرا شعريا أو مظهرا إنتشاريا غير محدد المعالم وقد يحدث أن تتصل أو تتداخل هذه الصفائح أو القطع مما يكسب السحب في هذه الحالة شكلا موجيا واضحا.

وقد تتعرض أجزاء سحب الركام المتوسط في بعض الأحيان إلى تغيير أشكالها ببطء كما تتعرض أحيانا أخرى إلي تغير أشكالها بسرعة ملحوظة أما من حيث قاعدة هذه السلالة من السحب فإنها نادرا ما تأخذ أشكالا ثديية ونادرا ما يخرج منها شعب تظهر على شكل نيول تتدلى في الاتجاه الرأسي أو في اتجاه مائل. وسحب الركام المتوسط من السحب التي لا يسقط منها هطول كما أنها من السحب التي غالبا ما يصاحب الأجزاء الرقيقة منها ظهور إكليل شمسي أو إكليل قمري هذا وقد يصاحب هذه الأجزاء في بعض الأحيان ظهور هالة شمسية أو هالة قمرية أو ظهور بعض الألوان التي يغلب عليها خليط من اللون الأخضر واللون الأحمر الوردي أو ظهور هذه الألوان على شكل حزم أو شرائط موازية لحافة القطع التي تتكون منها. هذا ويجب عدم الخلط بين **سحب الركام المتوسط (Ac)** وبين **سحب السمحاق الركامى (Cc)** اللذين قد يتشابهان أحيانا في المظهر العام وعلى الأخص في الحالات التي يظهر فيها الركام المتوسط على الارتفاعات التي تزيد عن الارتفاعات التي يظهر فيها عادة. (ش٢٣).

٢- الطبقي المتوسط (Altostratus(As:

تنتمي سحب الطبقي المتوسط إلى مجموعة السحب المتوسطة الارتفاع ولكنه قد يمتد بالرغم من ذلك انتشار السطح العلوي للنوع السميك منها رأسيا إلي أعلى حتى يصل إلى الارتفاعات التي تظهر عندها السحب العالية الارتفاع. وتظهر هذه السحب على شكل طبقة أو

أكثر من الطبقات الشعرية المظهر أو المتجانسة التكوين وهى السحب التي غالبـــا مـــا تغطـــى السماء بأكملها أو الجزء الأكبر منها كما أنها من السحب التي تتفاوت رقتها تفاوتا كبيرا فمنـــها الرقيق أو النصف شفاف ومنها السميك المعتم مما يجعلها تميل إلى اللون الرمـــادي أو اللـــون الأزرق تبعا لدرجة رقتها.

أما من حيث قاعدة هذه السلالة من السحب فهي نادرا ما تأخذ أشكالا ثديية وعـــادة مـــا تأخذ أشكالا مهلهلة المظهر وقد يصعب في الحالات التي تكون فيها هـــذه الســـحب مصحوبـــة بهطول تحديد ارتفاع قاعدة هذه السحب أو تمييزها.

وسحب الطبقي المتوسط وعلى الأخص السميك المعتم منها من السحب التي يصاحبـــها هطول من الذي لا يسقط على شكل رخات حيث يسقط الهطول من هذه السحب علـــى شـــكل مطر أو مطر متجمد أو بلورات ثلج أو شرائح ثلجية أو حبات جليد أو برد صغير أو على شكل خليط من بعض أو كل من هذه الأنواع .

هذا وقد يظهر تحت قاعدة الطبقي المتوسط في الحالات التي يصـــاحب فيـــها الطقـــس الرديء قطع من السحب المهلهلة الشكل والتكوين التي يبدأ ظهورها على شكل خرق أو قطـــع قليلة العدد صغيرة الحجم متناثرة التوزيع ولكنها لا تلبث أن تنمو وتزداد عـــددا ولا تلبـــث أن تتقارب إلى أن تتصل ببعضها فتصبح طبقة واحدة تكاد تكون متصلة من السحب وقد يحدث فـــي بعض الأحيان أن يزداد نمو هذا الخرق أو القطع إلى أعلا حتى تلتحم مع بعض أجزاء قـــاعدة السحابة التي تعلوها، وسحب الطبقي المتوسط من السحب التي تمنع الأجسام من إلقاء ظلها على الأرض كما أنها من السحب التي لا يصاحبها ظهور هالة شمسية أو ظهور هالة قمرية ولكن قد يصاحب الأجزاء الرقيقة منها ظهور إكليل شمسي أو إكليل قمري. وهى من الحـــالات النـــادرة الحدوث .

هذا ويجب عدم الخلط بين الكثيف المعتم من **سحب الطبقي المتوسط (As)** وبين **سحب الطبقي المزني(Ns)** اللذين قد يتشابهان أحيانا في مظهرهما العام وفى هذه الحالات يجب أن ننتبه إلى أنه وإن كان كلا من هاتين السلالتين من السلالات الممطرة إلا أن سحب الطبقي المزني يزيـــد احتمال سقوط الهطول منها عن الطبقي المتوسط بالإضافة إلى أن سحب الطبقي المزنـــي مـــن السحب الكثيفة الأعتم لونا والأكثر تجانسا التي لا يصاحبها أي ظواهر ضوئية والتـــي تحجـــب رؤية الشمس أو القمر تماما في حين أن الطبقي المتوسط من السحب الأقل كثافة والأقل تجانســـا الذي يمكن من خلال الأجزاء الرقيقة من سحب الطبقي المتوسط رؤية الشمس أو القمر والتـــي

يصاحب هذه الأجزاء منها ظهور إكليل شمسي أو إكليل قمري في بعـــض الحـــالات النـــادرة (ش٢٤)

٣- الطبقي المزني (Nimbostratus (Ns:

تنتمي سحب الطبقي المزني إلى مجموعة السحب المتوسطة الارتفاع ولكنه كثـــيرا مـــا يحدث وعلى الأخص في حالة السحب المصحوبة منها بهطول أن تهبط هذه السحب إلى أســـفل حتى تصل إلى الارتفاعات التي تظهر عندها السحب المنخفضة الارتفاع كما قد يمتـــد انتشـــار سطحها العلوي في بعض الأحيان رأسيا إلى أعلى حتى تصل إلى الارتفاعات التي تظهر عندهـــا السحب العالية الارتفاع.

وسحب الطبقي المزني من السحب الممطرة ذات اللون الرمادي أو اللون الرمادي القـــاتم التي تظهر على شكل طبقة متسعة الرقعة على الوجه الذي تغطى به الجزء الأكبر من الســـماء وهى من السحب السمكية المتجانسة التكوين إلى حد كبير مما يجعلها تحجب قرص الشـــمس أو القمر تماما عن الظهور كما أنها من السحب التي تأخذ شكلا انتشارا غير محدد المعالم كما أنـــها من السحب التي يصعب عموما تحديد ارتفاع قاعدتها أو تمييزها وعلى الأخص فـــي الحـــالات التي تكون فيها مصحوبة بهطول.

وغالبا ما يظهر تحت قاعدة سحب الطبقي المزني وعلى الأخص فـــي الحـــالات التـــي تصاحب فيها الطقس الرديء قطع من السحب مهلهلة الشكل والتكوين التي يبدأ ظهورها علـــى شكل خرق أو قطع قليلة العدد صغيرة الحجم متناثرة التوزيع ولكنها لا تلبث أن تنمـــو وتـــزداد عددا ولا تلبث أن تتقارب إلى أن تصل ببعضها لتصبح طبقة تكاد تكون متصلة الأجـــزاء مـــن السحب وقد يحدث في بعض الأحيان أن يزداد نمو هذه الخرق أو القطع إلى أعلى حتى تلتحـــم مع بعض أجزاء قاعدة السحابة التي تعلوها.

وسحب الطبقي المزني وعلى الأخص السميك المعتم منها من السحب الممطرة ويتمـــيز الهطول المصاحب لها بأنه من الذي لا يسقط على شكل رخات بل يسقط على شكل مطـــر أو مطر متجمد أو بلورات ثلج أو شرائح ثلجية أو حبات جليد أو برد صغير أو على شكل خليـــط من بعض أو كل هذه الأنواع .

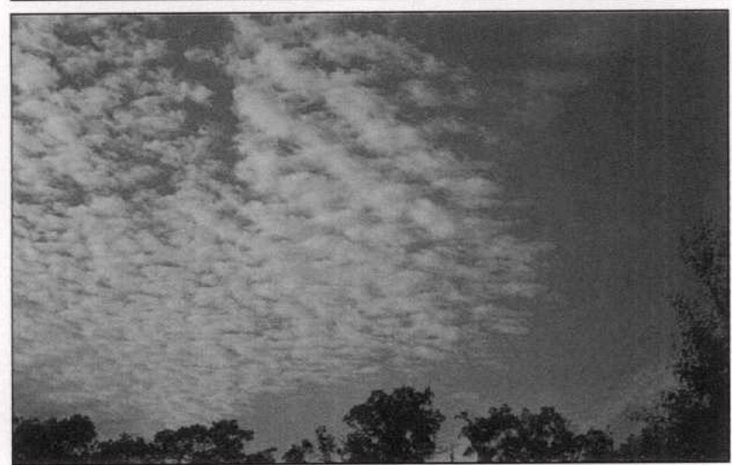
ولا يصاحب هذه السلالة من السحب ظهور إكليل أو هالة شمسية أو ظـــهور إكليـــل أو هالة قمرية كما أنها من السحب التي لا يصاحبها أي ظواهر ضوئية كما هي الحال في بعـــض السلالات الأخرى من السحب.

هذا ويجب عدم الخلط بين **سحب الطبقي المزني**(Ns) وبين **سحب الطبقي المتوسط** (As) اللذين يتشابهان أحيانا في مظهرهما العام . كما يجب عدم الخلط بين **سحب الطبقي المزني** (Ns) وبين **سحب الركام المزني** (Cb) وذلك في الحالات التي تتصل فيها قاعدة سحب الركام المزني ببعضها ببعض مما يجعل قاعدة هاتين السلالتين متشابهتين من حيث المظهر والتكوين إلى حد كبير وفى هذه الحالات يجب أن يحدد بكل دقة طبيعة الهطول وكذلك الظواهر الجوية التي تصاحب هذه السحب إذ أن الهطول الذي يصاحب المزن الطبقي يسقط على شكل متقطع أو متواصل ولا يسقط على شكل رخات على الإطلاق في حين أن الهطول الذي يصاحب الركام المزني يسقط على شكل رخات وذلك بالإضافة إلى أنه غالبا ما يصاحب الركام المزني عواصفَ رعدية أو أنواء في حين أن سحب المزن الطبقي لا يصاحبها عواصف رعدية على الإطلاق.

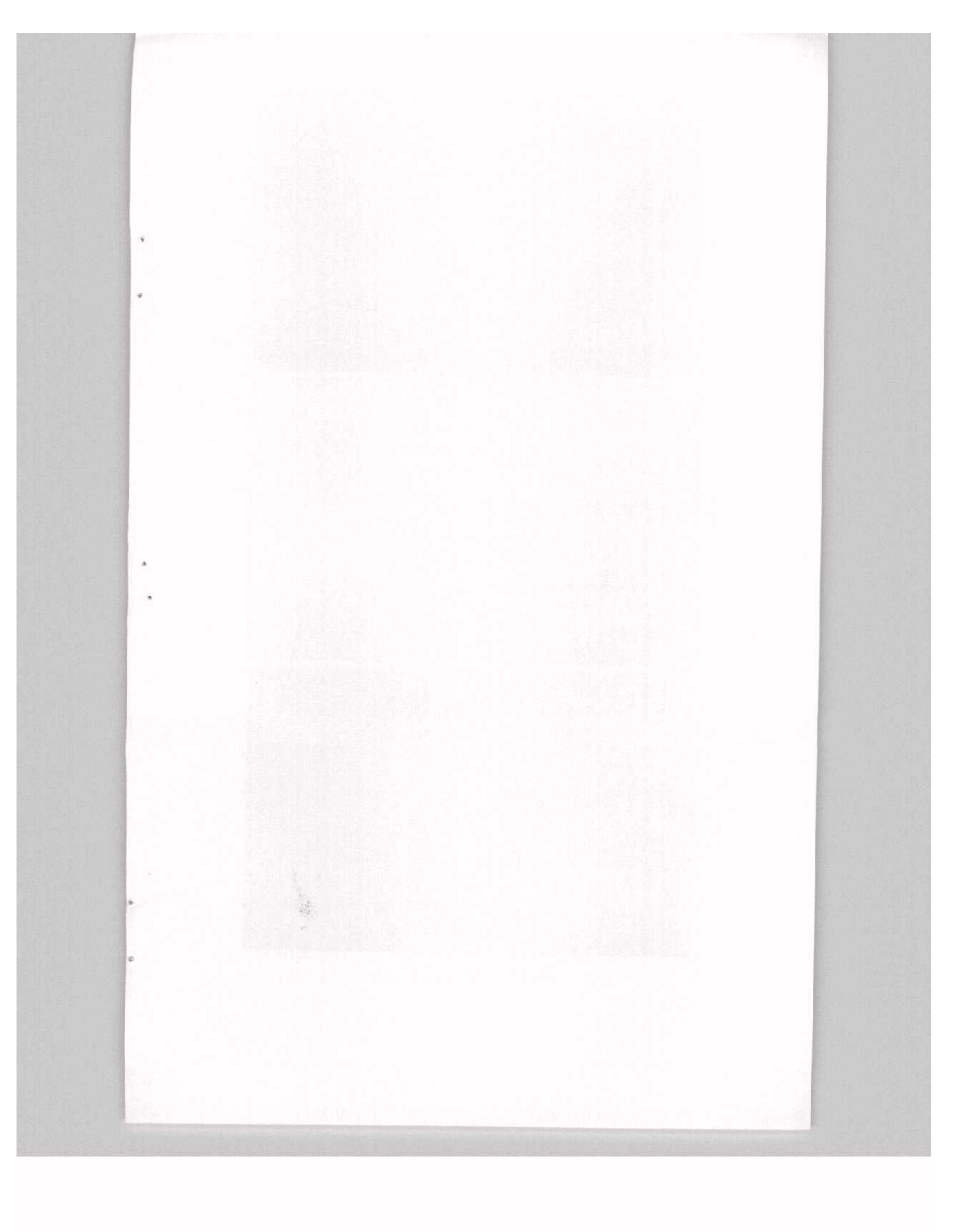
كما يجب عدم الخلط أيضا بين سحب **الطبقي المزني**(Ns) وبين الطبقات الكثيفة من **سحب الطبقي** (St) اللذين يتشابهان أحيانا في مظهرهما العام وعلى الأخص في الحالات التي يظهر فيها المزن الطبقي على الارتفاعات التي تقل عادة عن الارتفاعات التي يظهر عندها وفى هذه الحالات يجب أن ننتبه إلى أنه ولو أن سحب الطبقي الكثيفة تحجب الشمس أو القمر عن الظهور إلا أنه يمكن بالرغم من ذلك رؤية المعالم الخارجية لها بوضوح من خلال الأجزاء الرقيقة أو الأقل كثافة من هذه السحب في حين أن سحب المزن الطبقي من السحب التي تحجب رؤية الشمس أو القمر تماما لشدة كثافتها (ش٢٥)





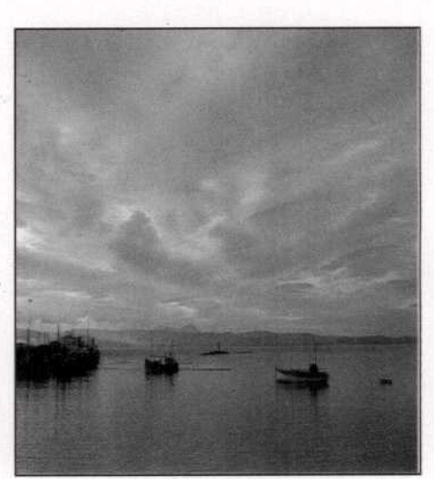


(ش ٢٣) سحب الركام المتوسط

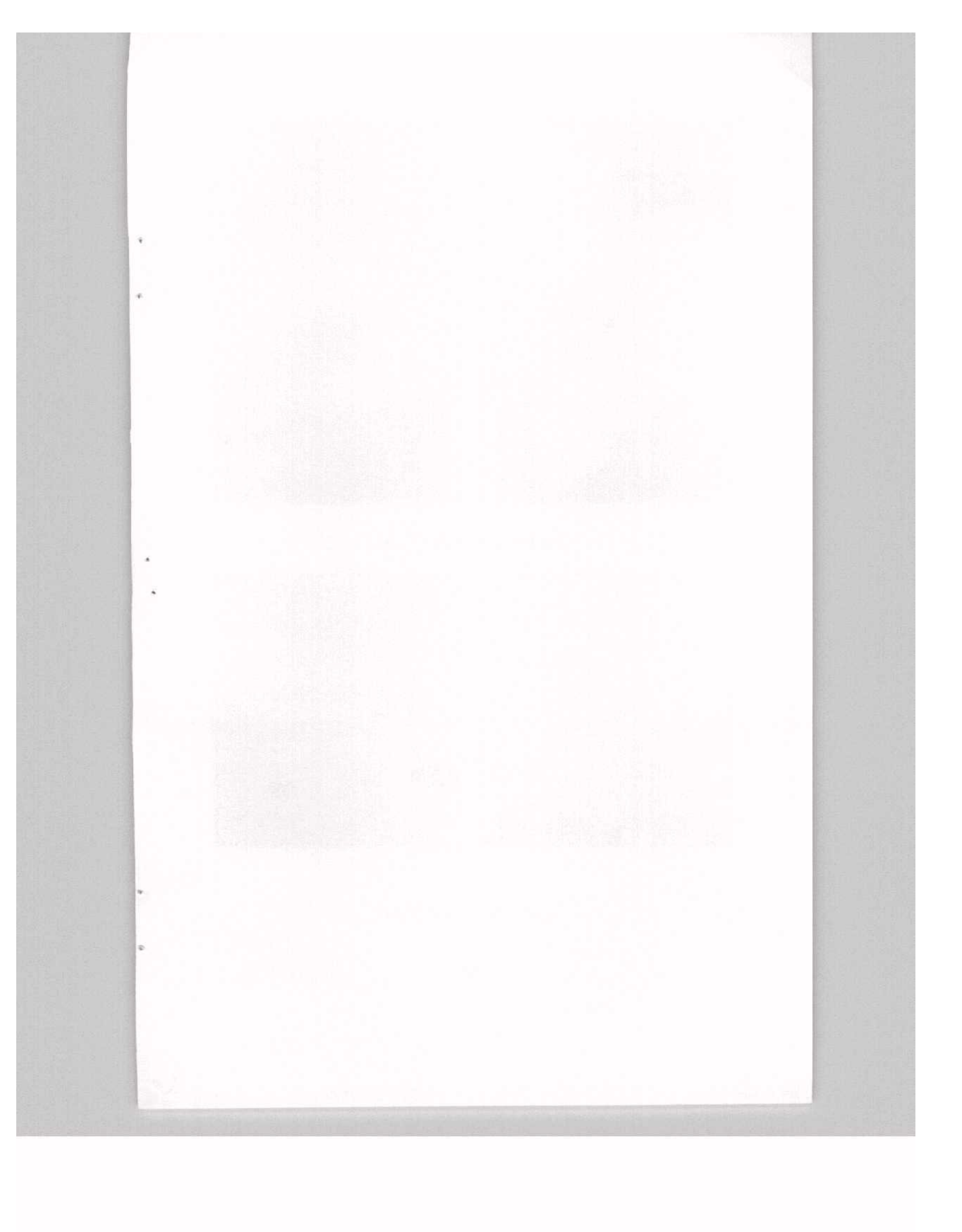





(ش ٢٤) سحب الطبقى المتوسط




(ش ٢٥) سحاب الطبقى المزنى



ثالثا: مجموعة السحب المنخفضة الارتفاع:

١- الركام الطبقي Stratocumulus(Sc):

تنتمي سحب الركام الطبقي إلى مجموعة السحب المنخفضة الارتفاع وهى من السحب التي تتفاوت رقتها إلى حد ما وهى غالبا ما تكون غير متجانسة اللون إذ يأخذ بعض أجزائها لونا أبيض غير ناصع البياض بينما يأخذ البعض الآخر اللون الرمادي علما بأن أجزاء هذه السحب لا تأخذ مظهرا شعريا إلا في الحالات المتناهية البرودة وهى الحالات الشاذة النادرة. وتظهر هذه السحب على شكل صفحة أو طبقة واحدة أو أكثر تتكون كل منها من قطع مربعة أو كروية أو أسطوانية الشكل التي غالبا ما ينتظم ترتيبها في صفوف أو مجموعات وغالبا ما يحدث أن تتصل هذه القطع أو تتداخل مما يكسب في هذه الحالة شكلا موجيا ظاهرا.

وسحب الركام الطبقي من السحب التي قد يخرج من قاعدتها وعلى الأخص عندما تظهر على شكل صفحة أو طبقة متصلة من السحب تجعدات أو روابي تتجه إلى أسفل فتظهر وكأنها تكاد تنفصل من قاعدة السحابة الأم بشكل واضح كما قد يخرج من قاعدتها في بعض الحالات المتناهية البرودة شعب تظهر على شكل نيول تتدلى في الاتجاه الرأسي أو الاتجاه المائل وهي حالات نادرة الحدوث. وسحب الركام الطبقي يصاحبها هطول خفيف الشدة من الذي لا يسقط على شكل رخات حيث أن الهطول الذي يسقط من هذه السحب يسقط على شكل مطر أو مطر متجمد أو ثلج أو شرائح ثلجية أو على شكل خليط من نوع أو أكثر من هذه الأنواع.

ولا يصاحب هذه السلالة من السحب ظهور هالة شمسية أو هالة قمرية إلا في بعض الحالات المتناهية البرودة وهى حالات نادرة كما أنها من السحب التي قد يصاحب الرقيق منها في بعض الحالات ظهور إكليل شمسي أو إكليل قمري أو ظهور بعض الألوان التي يغلب عليها خليط من اللون الأخضر واللون الأحمر الوردي أو ظهور هذه الألوان على شكل حزم أو شرائط متوازية لحافة القطع التي تتكون منها هذه السحب (ش٢٦).

٢- الطبقي Stratus(St):

تنتمي سحب الطبقي إلى مجموعة السحب المنخفضة الارتفاع وهى من السحب التي تشبه في مظهرها الضباب أو الشبورة وهى كثيرا ما تظهر نتيجة ارتفاع الضباب الملامس لسطح الأرض أو البحر بفعل حرارة الشمس أو الرياح أو كليهما.

وتظهر سحب الطبقي على شكل قطع أو خرق صغيرة رمادية اللـــون مهلهلـــة الشـــكل والتكوين أو على شكل طبقة رمادية اللون متجانسة القاعدة بوجه عام وقد يحجب السميك منـــها رؤية الشمس أو القمر ولكنه يمكن بالرغم من ذلك رؤية المعالم الخارجية لهما بوضـــوح مـــن خلال الأجزاء الرقيقة منها. وسحب الطبقي من السحب التي قد يصاحبها هطول خفيـف الشـدة من الذي لا يسقط على شكل رخات حيث يسقط الهطول على شكل رذاذ أو حبيبات جليديـــه أو على شكل خليط منهما. وقد يصاحب أحيانا الطبقات الرقيقة جدا من هذه السحب ظهور إكليـــل شمسي أو إكليل قمري كما قد يصاحب هذه الطبقات في الحالات المتناهية البرودة ظهور هالـــة شمسية أو هالة قمرية وهى حالات نادرة الحدوث. ويجب عدم الخلط بين **سحب الطبقـــي(St)** وبين **سحب المزن الطبقي (Ns)** اللذين يتشابهان أحيانا في مظهرهما العام وعلى الأخص فـــي الحالات التي يظهر فيها المزن الطبقي على الارتفاعات التي تقل عادة عن الارتفاعـــات التـــي تظهر عندها (ش٢٧).

٣- الركـــــام (Cumulus (Cu:

تنتمي سحب الركام إلى مجموعة السحب المنخفضة الارتفاع ذات النمو الرأسي وهى من السحب التي تظهر قاعدتها عند الارتفاعات التي تظهر فيها السحب المنخفضة الارتفاع في حيـن تظهر قممها عند الارتفاعات التي تظهر فيها السحب المتوسطة الارتفاع أو عنـــد الارتفاعـــات التي تظهر فيها السحب العالية الارتفاع تبعا لدرجة نمو هذه السلالة من السحب.

وتظهر سحب الركام على شكل خرق أو قطع صغيره مهلهلة الشكل والتكوين أو علـــى شكل كتل أو قطع منفصلة التي تبدو كالروابي أو القباب أو القلاع وتتميز هـــذه الســـحب بـــأن قاعدتها أفقية مستوية في حين يأخذ سطحها الخارجي شكلا منتفخا محدد المعالم كزهرة القرنبيط أو الكرنب هذا ولا يخرج من قاعدة هذه السحب شعب أو ذيول كما هو الحال فـــي الســـلالات الأخرى من السحب ويميل لون قاعدة سحب الركام إلى اللون الرمادي أو الرمادي القاتم وأحيانـــا اللون الأبيض تبعا لدرجة كثافة وسمك هذه السحب في حين تبدو الأجزاء الأخرى منها بيضـــاء لامعة بفعل إضاءة الشمس لهذه الأجزاء. وسحب الركام يصاحبها هطول من الذي يسقط علـــى شكل رخات من المطر أو المطر المتجمد أو كليهما ولا يصاحب هذه الســـلالة مـــن الســـحب ظهور هالة شمسية أو ظهور هالة قمرية ولكن قد يصاحبها في الحالات النادرة ظـــهور إكليـــل شمسي أو إكليل قمري.

هذا ويجب عدم الخلط بين سحب الركام (Cu) ذو النمو الرأسي الكبير وبين **سحب الركام المزني (Cb)** اللذين قد يتشابهان في بعض الأحيان من حيث ضخامة الكتلة وعلى الأخص في الحالات التي تمتد فيها قمم سحب الركام إلى ارتفاعات كبيرة ومن المعروف أن سحب الركام المزني هي من السحب التي عادة ما تكون مصحوبة برخات من الهطول والتي عادة ما تكون مصحوبة بأنواء أو عواصف رعدية (ش٢٨).

٤- الركام المزني (Cumulonimbus(Cb:

تنتمي سحب الركام المزني إلى مجموعة السحب المنخفضة الارتفاع ذات النمو الرأسي الكبير وهى من السحب التي تظهر قاعدتها عند الارتفاعات التي تظهر عندها السحب المنخفضة الارتفاع في حين تظهر قمتها عند الارتفاعات التي تظهر عندها السحب العالية الارتفاع تبعا لدرجة نمو هذه السلالة من السحب وتظهر سحب الركام المزني على شكل كتل أو قطع منفصلة من السحب الضخمة الكثيفة التي تبدو كالجبال أو كالقلاع الشامخة وقد تتصل أو تلتحم هذه الكتل الضخمة بعضها ببعض فتظهر السحب في هذه الحالة على شكل الحائط العالي الكثيف.

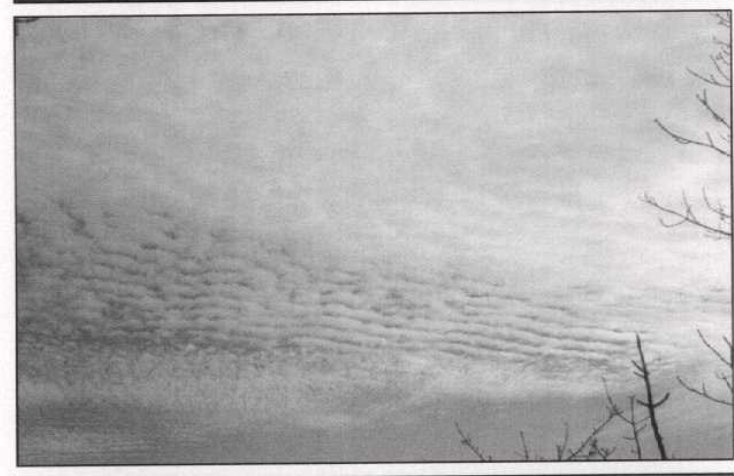
وسحب الركام المزني من السحب الممطرة التي تميل قاعدة كتلتها إلى اللون القاتم لشدة كثافة واحتقان هذه الكتل في حين تبدو الأجزاء الأخرى من السحابة بيضاء لامعة بفعل إضاءة الشمس لهذه الأجزاء.

وتتميز قاعدة هذه السحب بأنها أفقية مستوية وهى نادرا ما تأخذ أشكالا ثديية ونادرا ما يخرج منها شعب على شكل نيول تتدلى في الاتجاه الرأسي أو في الاتجاه المائل. أما من حيث قمم هذه السحب فهي إما غير واضحة أو محددة الشكل أو المعالم وإما أن تأخذ الأجزاء العليا منها مظهرا سمحاقيا أو شعريا بشكل واضح وفى هذه الحالة غالبا ما تنتشر هذه الأجزاء لتأخذ شكل السندان أو شكل ريشة طير متسعة الرقعة. وسحب الركام المزني غالبا ما تكون مصحوبة بعواصف رعدية أو أنواء أو بكليهما. ويتميز الهطول المصاحب لها بأنه يسقط على شكل رخات من المطر أو المطر المتجمد أو بلورات الثلج أو الشرائح الثلجية أو حبات الجليد أو البرد بأنواعه المختلفة أو على شكل رخات من خليط من بعض أو كل هذه الأنواع. وغالبا ما تظهر تحت قاعدة هذه السلالة من السحب في الحالات التي يصاحبها طقس رديء قطع من السحب المهلهلة الشكل والتكوين التي يبدأ ظهورها على شكل خرق أو قطع قليلة العدد صغيرة الحجم متناثرة التوزيع ولكنها لا تلبث أن تنمو وتزداد عددا ولا تلبث أن تتقارب إلى أن تتصل

ببعضها لتصبح طبقة تكاد تكون متصلة من السحب وقد يحدث في بعض الأحيان أن يزداد نمـو هذه الخرق أو القطع إلى أعلى حتى تلتحم مع بعض أجزاء قاعدة السحابة التي تعلوها.

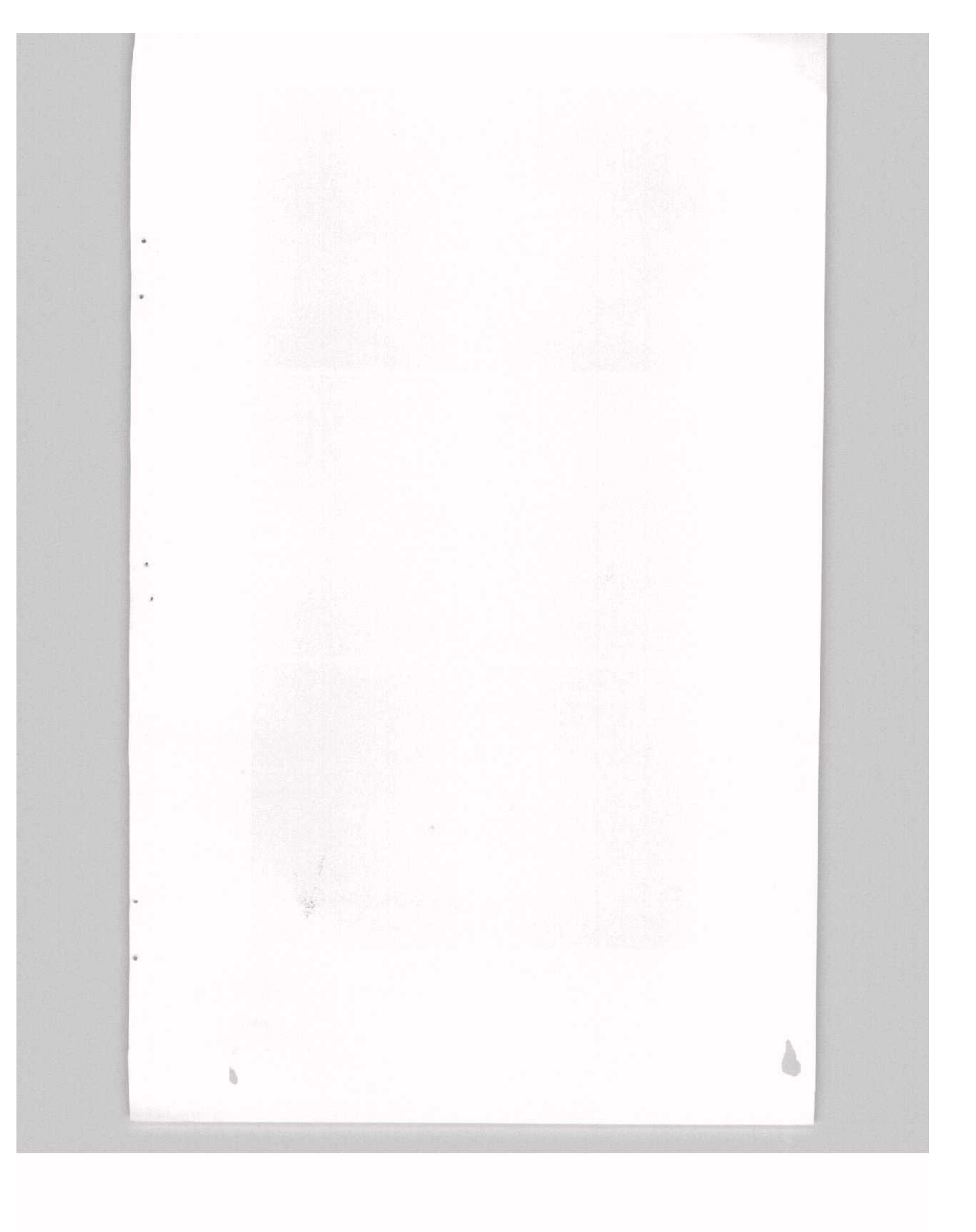
وقد **يصاحب سحب الركام المزني (Cb)** ظهور طبقات كثيفـة مـن **سـحب الطبقـي المتوسط (As) أو الطبقي المزني (Ns)** فإذا حدث هذا فأحيانا ما تلتحم أو تندمج قمـم الركـام المزني مع الأجزاء العليا من هذه السحب وأحيانا ما تخترق هذه الطبقات وتبرز من خلالها إلـى أعلى بشكل واضح دون التحام أو اندماج. وقد يصاحب الأجزاء العليا السماحقية التكويـن مـن هذه السحب ظهور هالة شمسية أو هالة قمرية وهذه هي الظاهرة الضوئية الوحيـدة التـي قـد تصاحب هذه السلالة من السحب (ش٢٩).





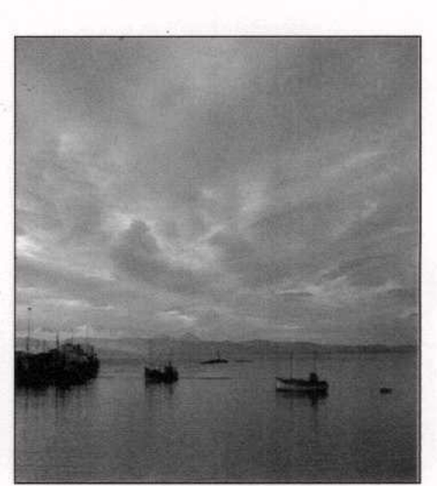


(ش ٢٣) سحب الركام المتوسط

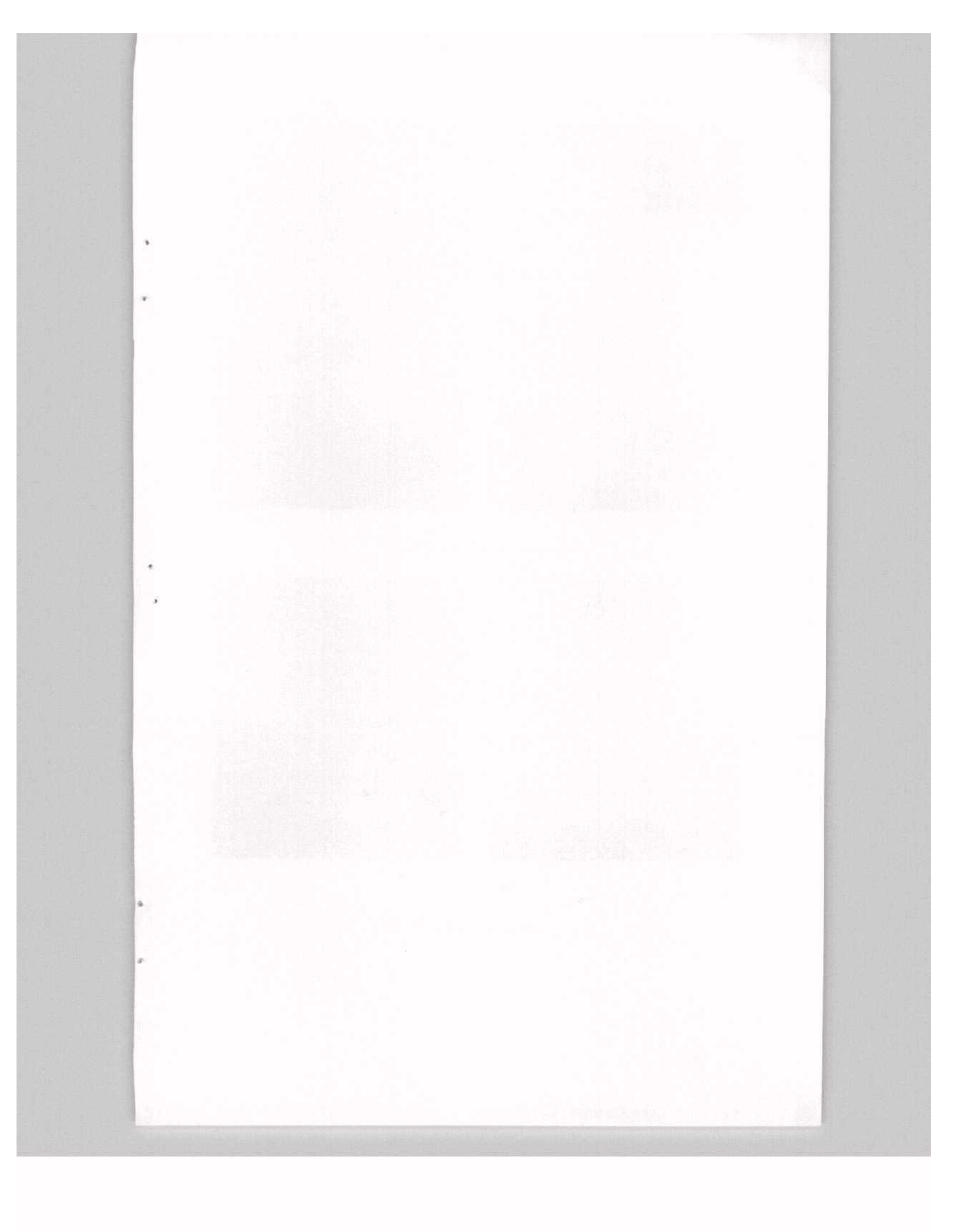


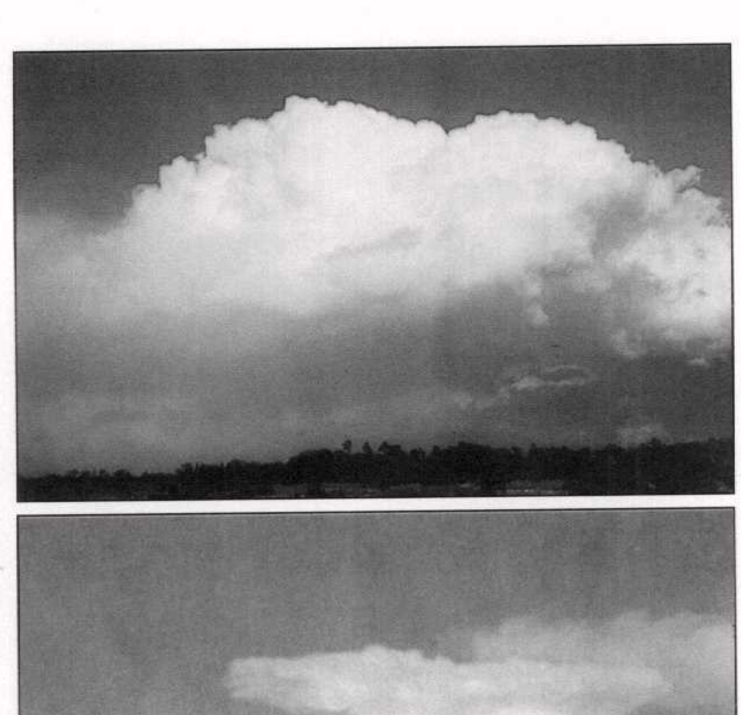



(ش ٢٤) سحب الطبقى المتوسط

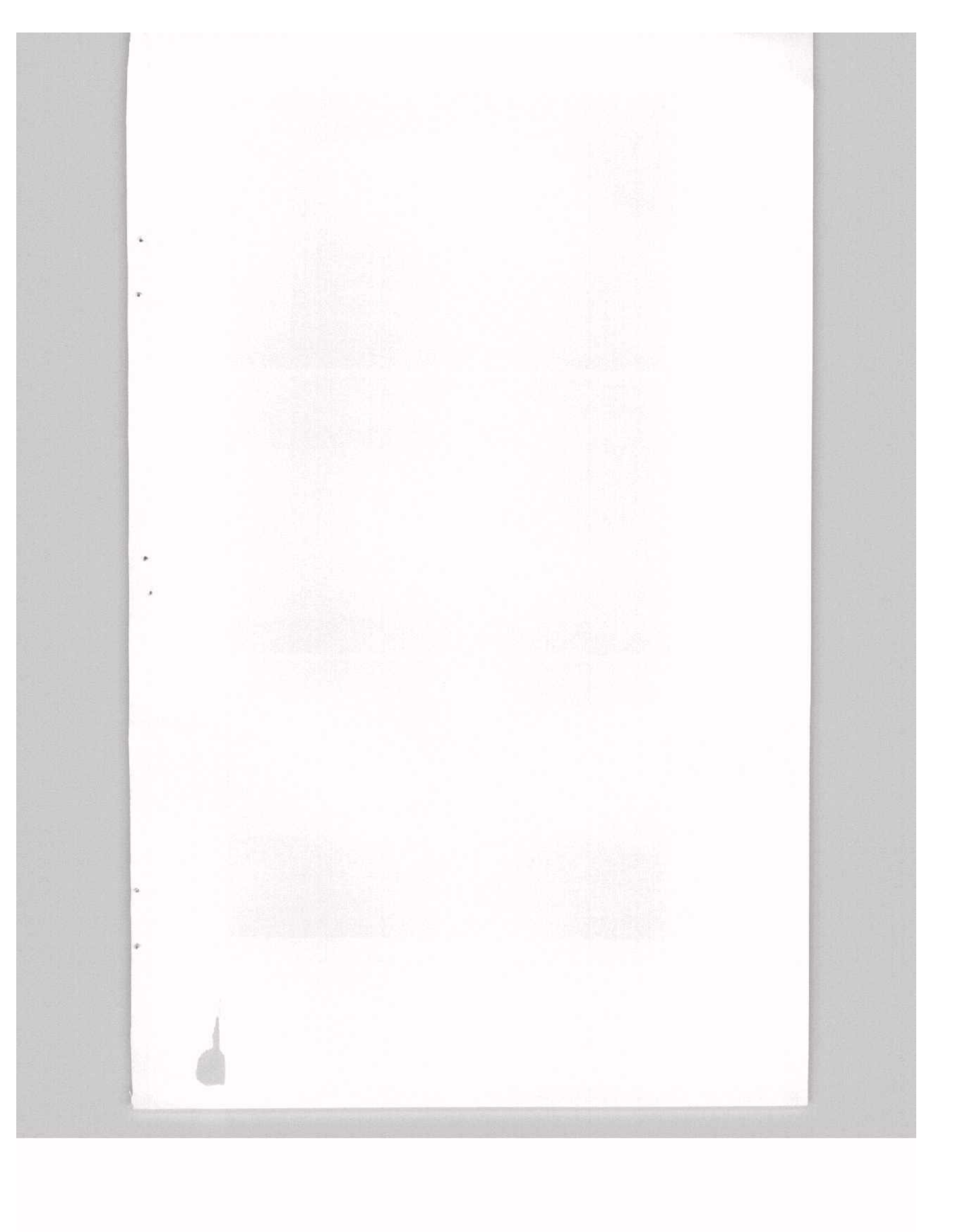



(ش ٢٥) سحاب الطبقى المزنى






(ش ٢٩) سحب الركام المزنى



الطرق العامة لتكوين السحب Clouds Formation:

تتكون معظم السحب عندما يصعد الهواء الرطب إلى أعلا وينتج عن ذلك أن يبرد الهواء بمعدل التبريد الذاتي الجاف إلى أن يصبح الهواء مشبعا فيبرد الهواء الصاعد بمعـــدل التـــبريد الذاتي المشبع ويتكثف بخار الماء مكونا السحب ويتوقف شكل ونوع السحابة المتكونـــة علـــى الطريقة التي صعد بها الهواء. ومن المعروف أن الطرق المختلفة لتكون السحب تشمل ما يأتي:

الحركة الغير انسيابية (الناتجة عن الاحتكاك):

عندما يهب الهواء على سطح الأرض يتعرض لقوى الاحتكاك وبذلك يأخذ شكل سلســـلة من الدوامات وهذه الحركة الغير انسيابية سببها الاحتكاك والعوائق مثل المباني والأشـــجار ... الخ. والهواء في طبقة الاحتكاك يحدث له عملية مزج نتيجة لهذه الحركة الغير انسيابية. لذلـــك يمكن أن يصل الهواء إلى حالة التشبع في قمة هذه الطبقة أو دونها بقليل ويحدث التكثف بعيـــدا عن سطح الأرض ويسمى مستوى التكثف الناتج عن المزج قاعدة السحب ويمتد معدل التنـــاقص الحراري الذاتي المشبع من قاعدة السحابة إلى قمة طبقة الاحتكاك. وتمتد السحابة إلى المنطقـــة الموجودة أعلى منطقة الاحتكاك والسحب المتكونة عن الحركة الغير انسيابيه (التقليـــب) هـــي السحب الطبقية وسحب الركام الطبقي. وقد تتكون هذه السحب أيضا ليلا عندما يرتفـــع الـــهواء البارد الملامس لسطح الأرض نتيجة لهبوب الرياح وتولد حركة مزجية نتيجة الاحتكاك بســـطح الأرض فتتكون السحب الطبقية وهى تتكون في الليل أو في الصباح الباكـــــر.

الحمـــل:

عندما يسخن الهواء الملامس لسطح الأرض تنشأ تيارات الحمل. وهى تتحد مع الحركـة المزجية الغير انسيابية في مزج الهواء في الطبقات المنخفضة من الغلاف الجوي. وعند صعـود الهواء إلي أعلا تقل درجة حرارته بمعدل تناقص حراري ذاتي جاف حتى يصل إلـــي مســـتوي التكثف (قاعدة السحابة) فإذا كان معدل التناقص الحراري للوسط المحيط أكـــبر مـــن معـــدل التناقص الحراري الذاتي المشبع يكون الهواء غير مستقر ويسمح باســـتمرار صعـــود الـــهواء المشبع إلى أعلى مستوى التكثف حتى يصل إلى المستوى الذي لا يســـتطيع أن يكـــون عنـــده أسخن من الوسط المحيط. وهذا المستوى يحدد قمة السحابة.

وتتكون السحابة الركامية بهذه الطريقة ويصل سمكها من كيلو متر إلى ٢ كيلو متر وعندما يمتد عدم الاستقرار إلى ارتفاعات عالية تتكون سحب الركام المزني. وتتكون قمتها من بلورات الجليد وتسمى بالسحب الرعدية (ش٣٠). وسحب الحمل تبدأ في التكون فوق اليابسة عادة بعد حوالي الساعة العاشرة صباحا بالتوقيت المحلي ويزداد نموها تدريجيا حتى تبلغ أشدها بعد الظهر ثم تبدأ في التلاشي تدريجيا وتختفي في المساء . وإذا صاحب سحب الحمل هطول يكون عادة بعد الظهر. أما فوق البحار وعند الشواطئ فيزداد نمو هذه السحب في الليل أو الصباح الباكر ويكثر سقوط الأمطار.

صعود الهواء فوق التضاريس:

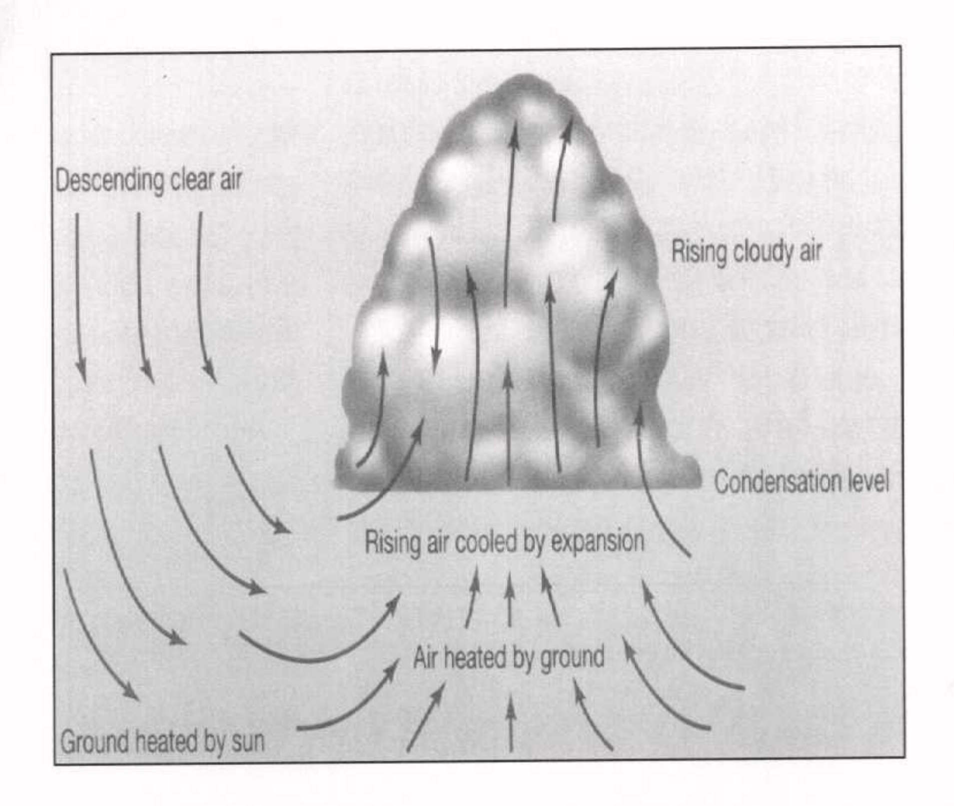
عندما يصادف تيار هواء رطب مرتفعا من الأرض مثل الجبل أو التل ولا يتمكن من الدوران حوله، فأنه يجبر على الصعود على سطح الجبل فيبرد ذاتيا (بمعدل تناقص حراري ذاتي جاف) حتى يصل إلى مستوى التكثف وتتكون السحب وإذا استمر الهواء في الصعود إلى أعلى من ذلك فإنه يبرد بمعدل تناقص حراري ذاتي مشبع حتى يصل إلى قمة الجبل وبذلك تمتد السحب حتى قمة الجبل (ش٣١). وتتكون السحب على النحو التالي:

أ - **في حالة الجو المستقر:** تكون السحب من نوع الطبقي، والطبقي المتوسط ، والطبقي المزني.

ب- **في حالة الجو الغير مستقر:** تكون السحب من نوع الركام، الركام المزني.

وعموما فإن سحب التضاريس تتكون باستمرار على الجانب المواجه للرياح. ورغم أنها تبدو ثابتة في مكانها لكن الهواء يستمر في طريقه إلى الجانب الأخر تحت الرياح.

وإذا حدث هطول في الجانب المواجه للرياح فإن قاعدة السحب على السطح المواجه للرياح تكون أقل من ارتفاع قاعدة السحب على السطح تحت الرياح لأن الهواء الهابط يكون قد فقد جزءا من بخار الماء الموجود به نتيجة لسقوط الأمطار .كذلك فإن الهواء الهابط تكون درجة حرارته عند سطح الأرض أسخن وأجف عن درجة حرارته على الجانب تحت الرياح **(رياح الفوهن Foehn Wind)** (ش ٣٢)

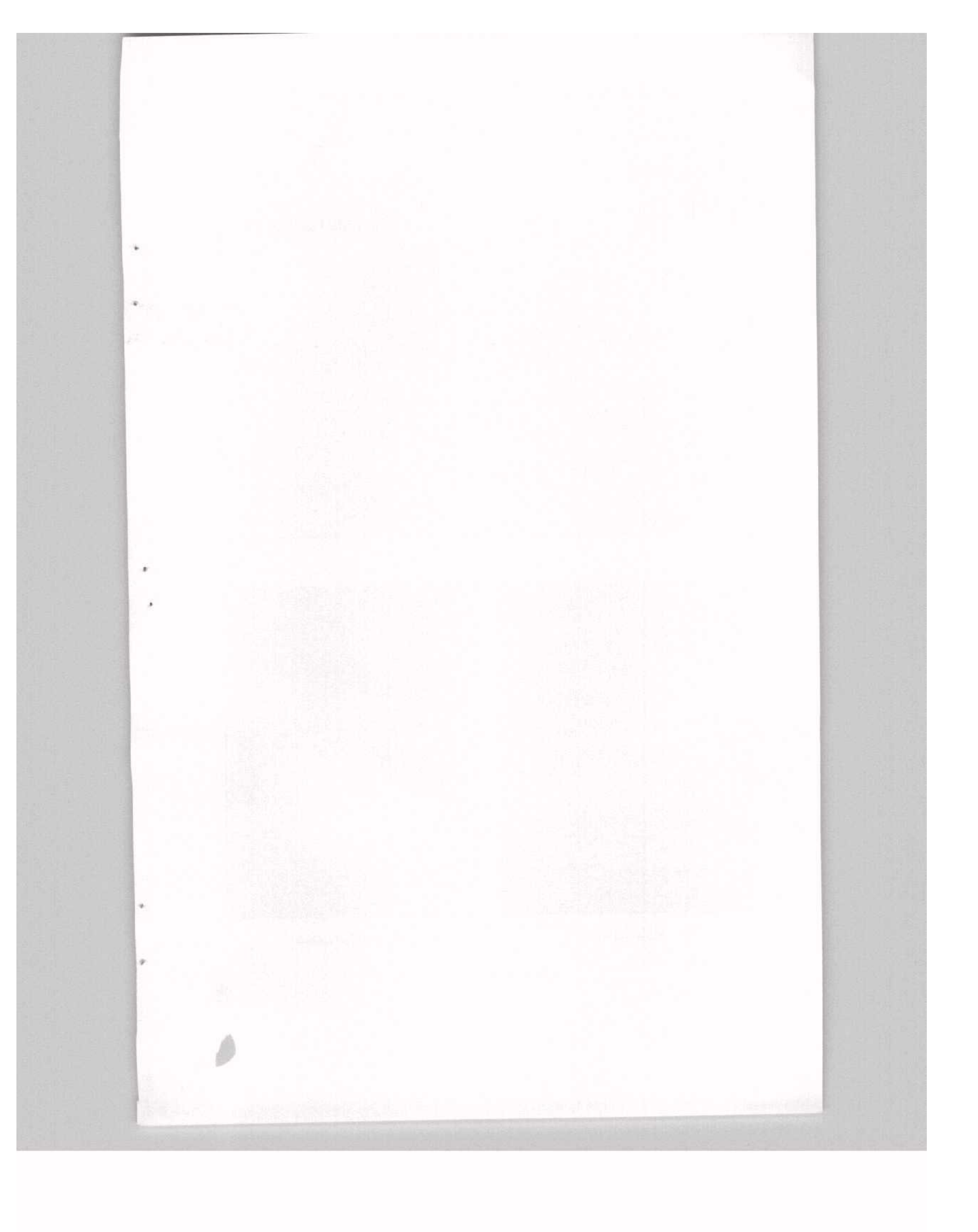




سحاب الركام المزنى

سحاب الركام

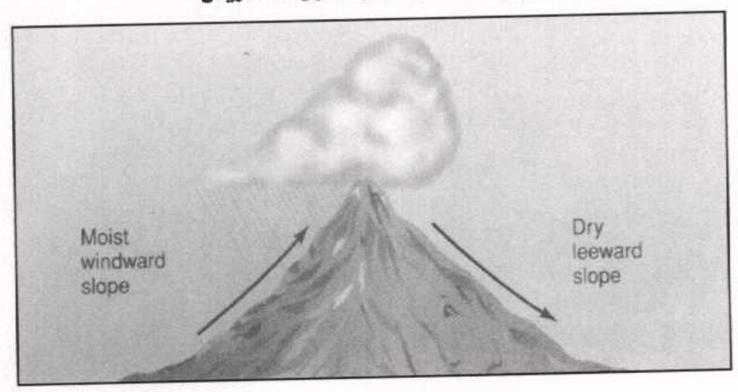
(ش ٣٠) سحب الحمل



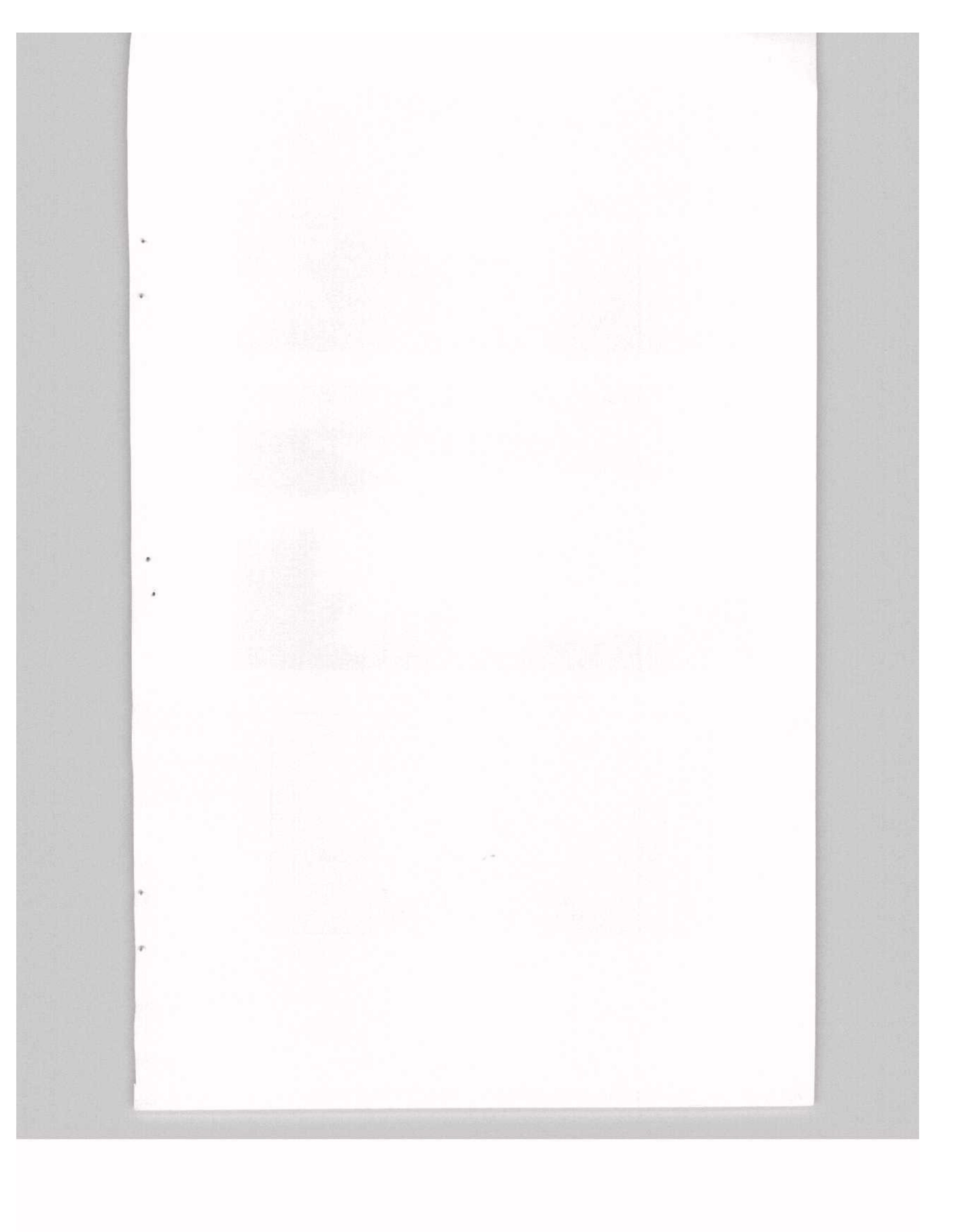




(ش ٣١) صعود الهواء فوق التضاريس



(ش٣٢) رياح الفوهن



صعود الهواء على نطاق واسع ببطيء (على الجبهات):

عندما يتكون المنخفض الجوي المصاحب بالجبهات، فإنه يجب أن نميز بين نوعين رئيسيين من الجبهات وهما الجبهات الباردة والجبهات الساخنة، وفى الحالتين فإن السطح الجبهي يميل إلى أعلى فوق الكتلة الهوائية الأبرد ويقع الهواء الساخن فوق السطح الجبهي. وعندما تكون حركة المنطقة الفاصلة بين كتلتين هوائيتين بحيث يحل الهواء الساخن محل الهواء البارد تسمى الجبهة الساخنة. وميل سطح الجبهة يكون طفيفا وينساب الهواء ببطيء فوق الهواء البارد. وتتكون السحب الطبقية الشكل في حالة وجود رطوبة كافية (ش٣٣) وتكون من نوع الطبقي المزني، الطبقي المتوسط، السمحاق الطبقي، السمحاق على ارتفاعات مختلفة من الغلاف الجوي. وعندما تكون حركة المنطقة الفاصلة بين كتلتين هوائيتين بحيث يحل الهواء البارد محل الهواء الساخن تسمى بالجبهة الباردة والسحب المتكونة مع الجبهة الباردة تتغير تبعا للأتي:

أ – درجة الاستقرار ودرجة عدم الاستقرار.

ب – كمية بخار الماء في الهواء الساخن.

جـ – زاوية ميل الجبهة.

وفى المتوسط فإن زاوية ميل الجبهة الباردة يكون أكبر من زاوية ميل الجبهة الساخنة، والسحب المصاحبة للجبهة الباردة هي من النوع الركام، والركام المزني (ش ٣٤).

الظواهر الضوئية المصاحبة للسحب:

١ – الهالة Halo:

هي ظاهرة ضوئية تكون على شكل حلقات، أقواس، بقع ضوئية حول الشمس أو القمر، وتحدث الهالة نتيجة لانكسار الضوء أو انعكاسه بواسطة بلورات الجليد العالقة في الجو وهذه الظواهر عندما تتكون نتيجة لانكسار أشعة الشمس ربما تشاهد ألوانا. والهالة التي تحدث بواسطة القمر تكون دائما بيضاء، والنوع الغالب من الهالة هو حلقات ضوئية حول القمر أو الشمس.

٢- الإكليل Corona:

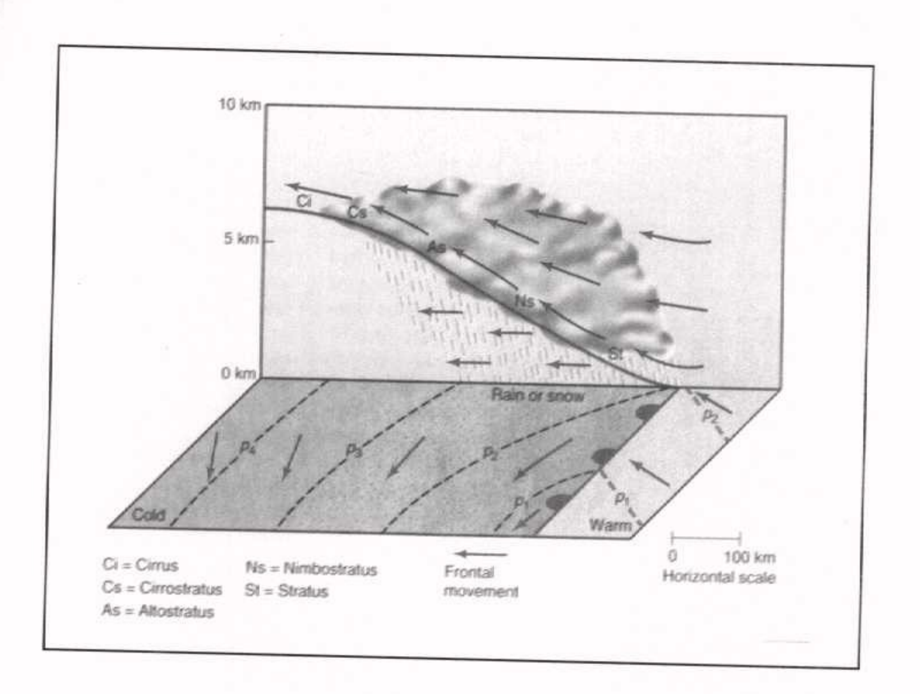
هي عبارة عن مجموعة من الحلقات الضوئية الملونة تظهر حول قرص الشمس أو القمر على شكل مجموعات ضوئية متتالية من هذه الحلقات (نادرا ما تزيد عن ثلاثة مجموعات) وغالبا ما تأخذ الحلقة الداخلية من هذه المجموعة اللون البنفسجي أو اللون الأزرق أما الحلقة الخارجية فتأخذ اللون الأحمر.

ويمكن تميز الإكليل عن الهالة بالطرق التالية:

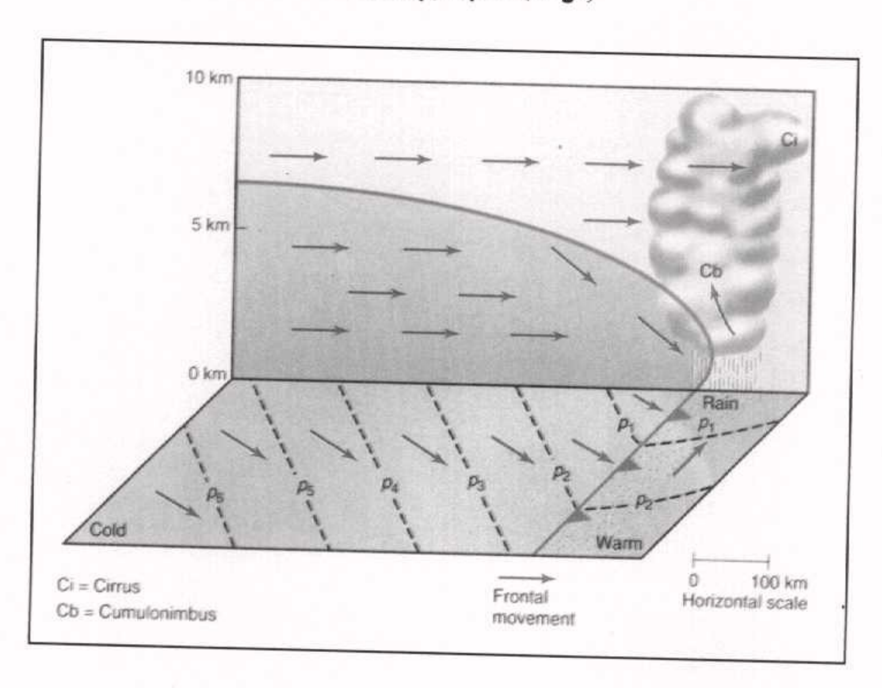
١- ترتيب الألوان معكوس.

٢- اتساع الإكليل يكون عادة اصغر وبأنصاف أقطار متغيرة.

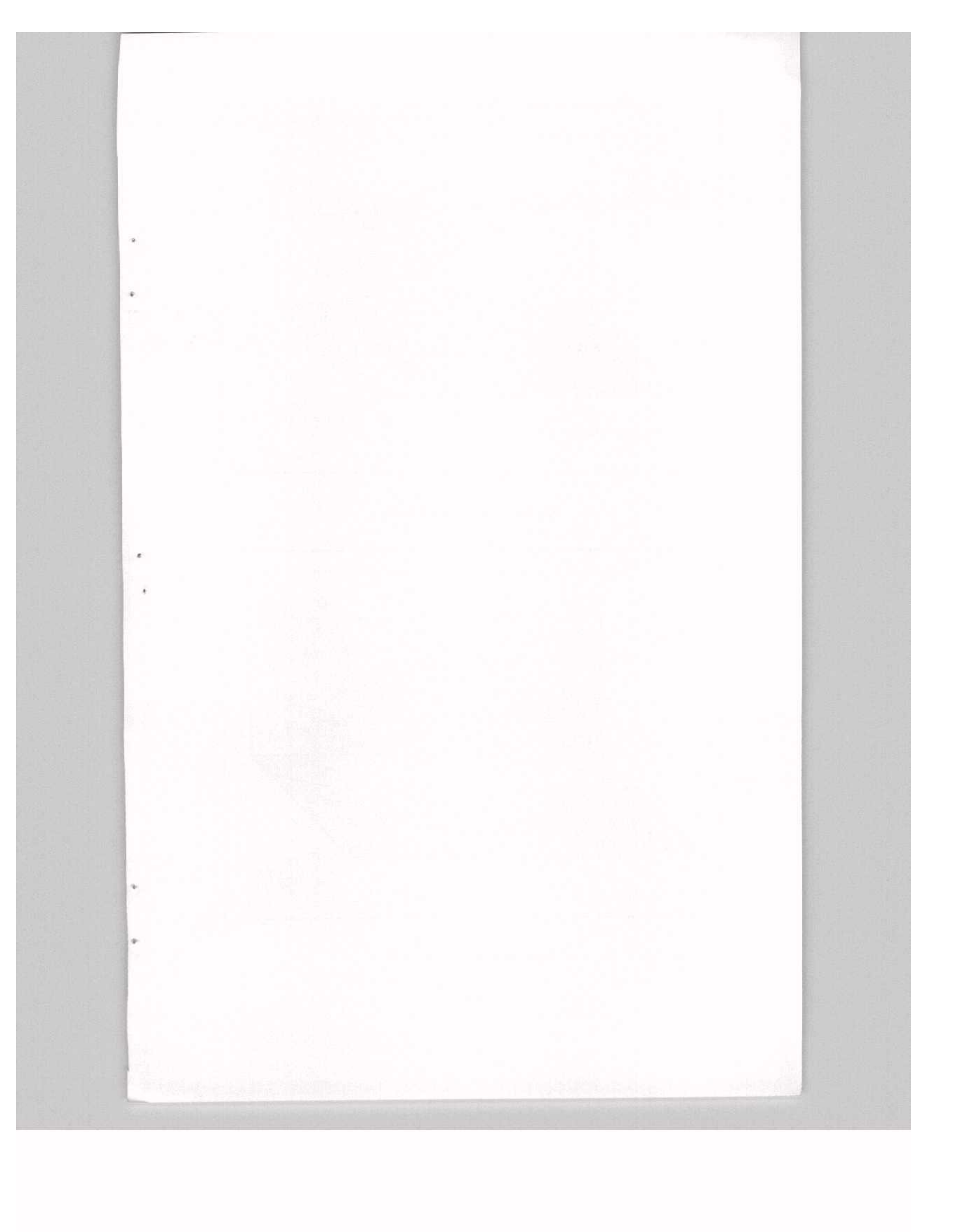
وشكل ٣٥ يوضح أنواع مختلفة من الهالة والإكليل.



(ش ٣٣) سحب الجبهة الساخنة

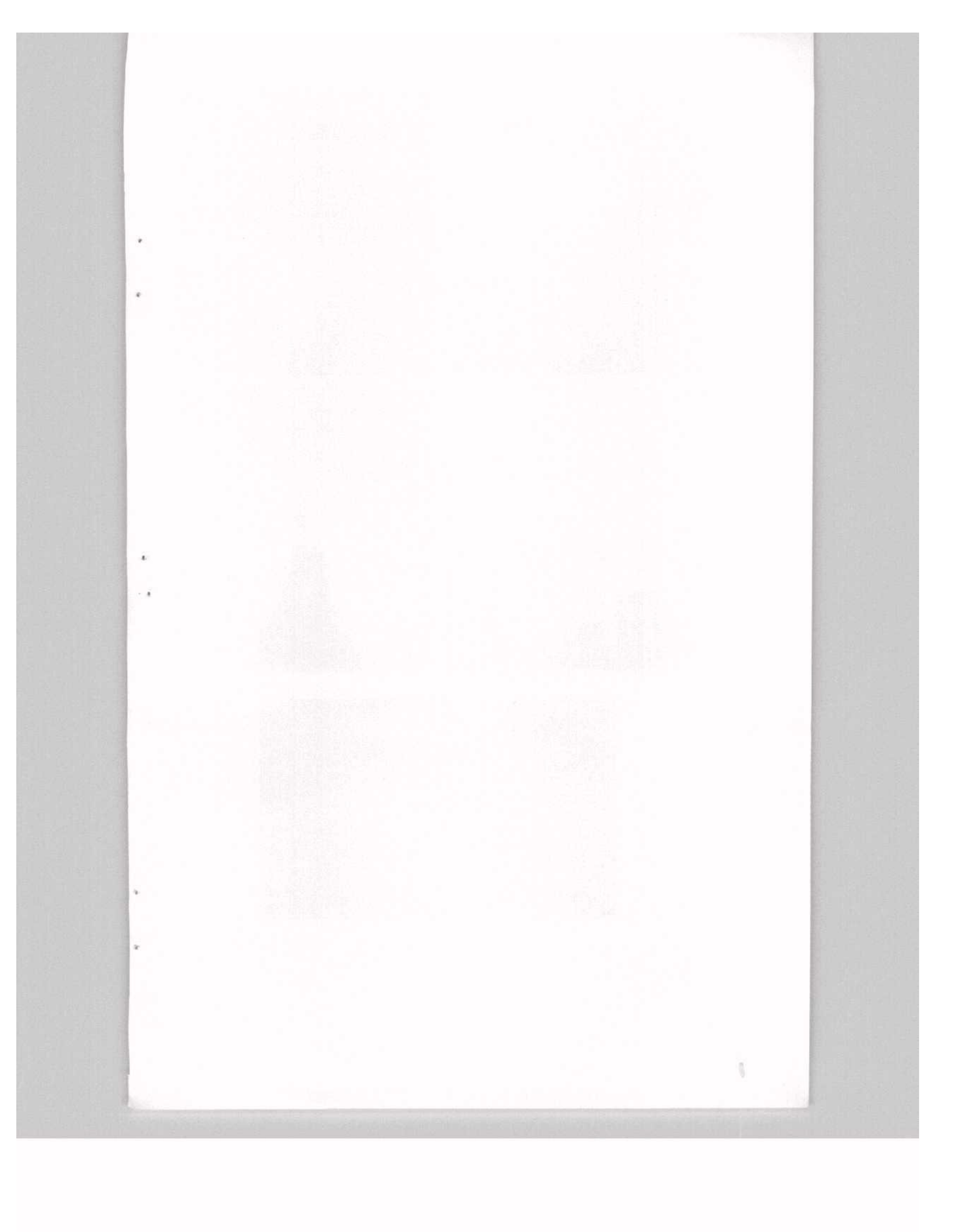


(ش ٣٤) سحب الجبهة الباردة





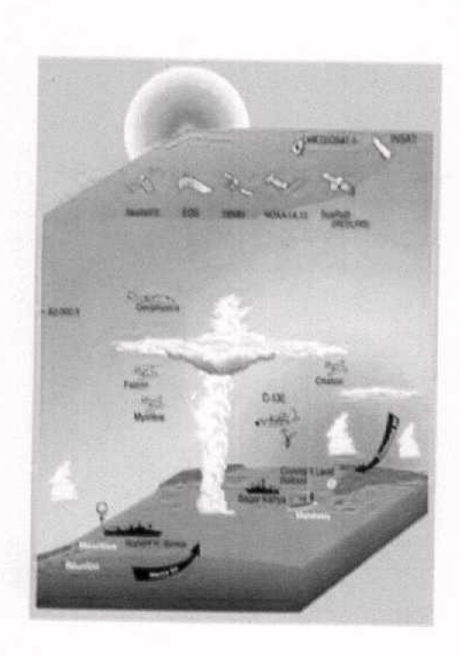
(ش ٣٥) أشكال مختلفة للهالة

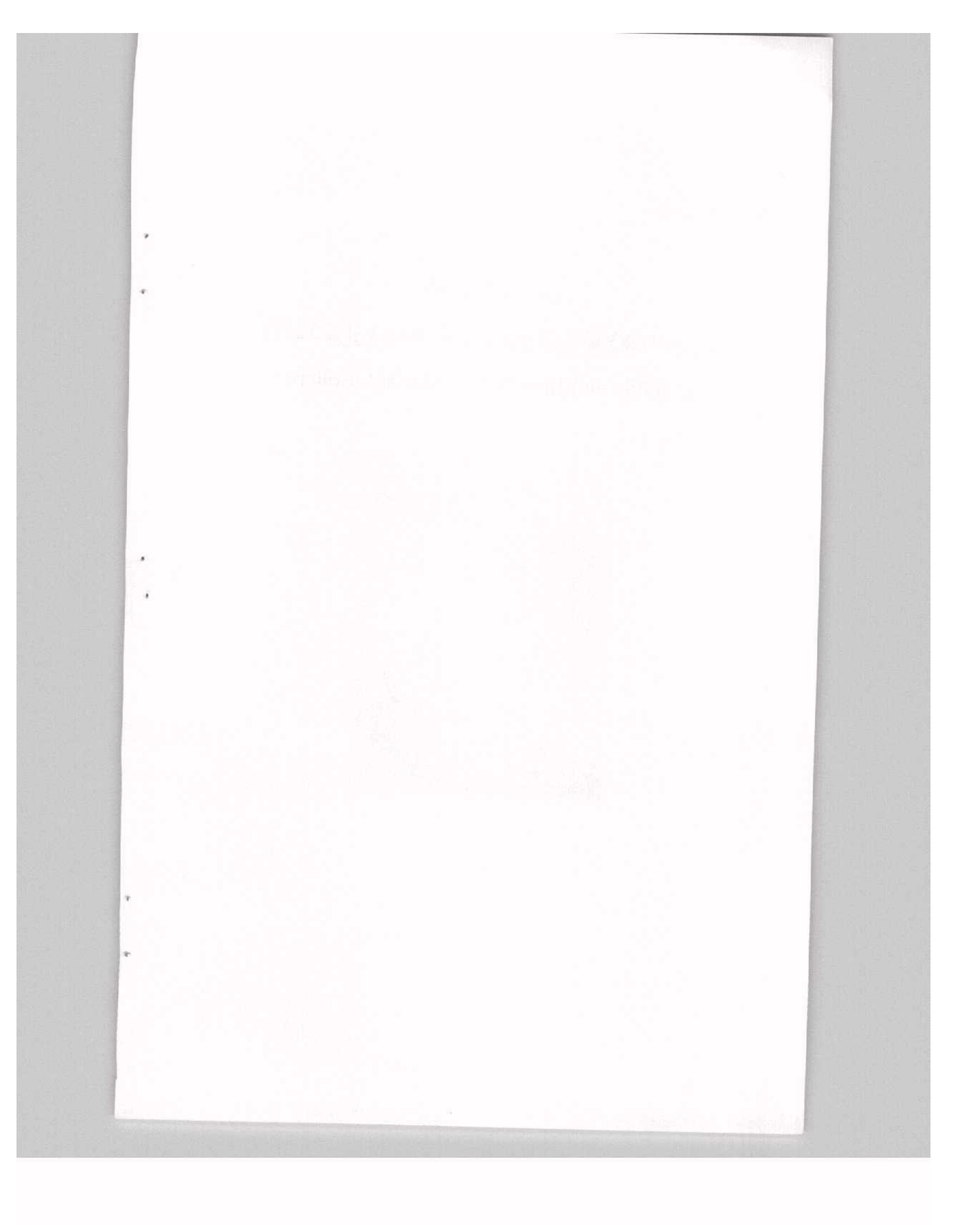


الباب السادس

الأستقرار وعدم الأستقرار فى الغلاف الجوى

Stability and Instability in the Atmosphere





الباب السادس

الاستقرار وعدم الاستقرار في الغلاف الجوي

Stability and Instability in the Atmosphere

ينص القانون الأول لنيوتن علي أن أي جسم يبقي في مكانه متزنا ما لم تؤثر عليه قـــوة ما. أما إذا أثرت علي هذا الجسم أية قوة فأزاحته من مكانه فبعـــد زوال القـــوة المؤثـــرة فأنـــه سيتصف الجسم بإحدى الحالات الثلاثة الآتية:

١- مستقر: إذا عاد إلي مكانه الأصلي.

٢- متعادل: إذا ثبت في مكانه الذي يصل أليه بعد زوال القوة المؤثرة.

٣- غير مستقر: إذا استمر في حركته ولم يعود إلي مكانه الأصلي.

<u>الإستقرار وعدم الاستقرار في الغلاف الجوي:</u>

تنطبق النظرية العامة المذكورة أعلاه علي الغلاف الجوي فأنه إذا أجبرت كتلة هوائيـــة للصعود إلى أعلا تحت تأثير أي قوى خارجية حتى تصل إلى مستوى معين ثم أزيل تأثير هـــذه القوى الخارجية فإننا سوف نقابل أحد الحالات الثلاثة الآتية:

١- جو مستقر Stable Atmosphere:

وذلك إذا عاد الهواء الصاعد إلي أعلا هابطا إلى مكانه الأصلي.

٢- الجو في حالة أتزان متعادل Equilibrium Atmosphere:

إذا بقى الهواء الصاعد إلي أعلا في مكانه .

٣- جو غير مستقر Instable Atmosphere:

إذا أستمر الهواء الصاعد إلي أعلا في الصعود إلي أعلا مبتعدا عن مكانه الأصلي.

القواعد العامة للاستقرار وعدم الاستقرار: من المعروف أن الهواء في الظروف الجوية العادية يوجد أما في حالة عدم تشبع أو في حالة تشبع وبهذا يمكن دراسة القواعد العامة للاستقرار وعدم الاستقرار في الغلاف الجوي في حالتين كما يأتي:

أولا : في حالة الهواء الغير مشبع: من المعروف أن الهواء الغير مشبع تقل درجة حرارته غند صعوده لأعلا بمعدل التناقص الحراري الذاتي الجاف DALR (١ س / ١٠٠ متر) فإذا كان معدل التناقص الحراري للوسط المحيط = ١٢ س / كم بينما معدل التناقص الحراري الذاتي الجاف للهواء الغير مشبع = ١٠ س / كم. ففي هذه الحالة يستمر الهواء الصاعد في الصعود إلى أعلا ولا يميل للعودة إلى مكانه الأصلي وعلى ذلك يكون في حالة عدم استقرار.

شرط عدم الاستقرار للهواء الغير مشبع:

هو أن يكون معدل التناقص الحراري للوسط المحيط أكبر من معدل التناقص الحراري الذاتي الجاف. **أي أن ELR أكبر من DALR**

بينما إذا كان معدل التناقص الحراري للوسط المحيط = ٨ س / كم ومعدل التناقص الحراري الذاتي الجاف = ١٠ / كم . فأن الهواء في هذه الحالة يميل للعودة إلى مكانه الأصلي وعلى ذلك يكون الهواء في حالة استقرار.

شرط الاستقرار للهواء الغير مشبع:

هو أن يكون معدل التناقص الحراري للوسط المحيط أقل من معدل التناقص الحراري الذاتي الجاف. **أي أن ELR أقل من DALR**

ثانيا : في حالة الهواء المشبع : من المعروف أن الهواء المشبع تقل درجة حرارته عند صعوده لأعلا بمعدل التناقص الحراري الذاتي المشبع (٠,٥ س/١٠٠ متر) فإذا كان معدل التناقص الحراري للوسط المحيط = ٨ س / كم بينما معدل التناقص الحراري الذاتي المشبع = ٥ س / كم. في هذه الحالة يستمر الهواء الصاعد في الصعود إلى أعلا ولا يميل للعودة إلى مكانه الأصلي وعلى ذلك يكون في حالة عدم استقرار.

شرط عدم الاستقرار للهواء المشبع:

هو أن يكون معدل التناقص الحراري للوسط المحيط أكبر من معدل التناقص الحـــراري الذاتي المشبع. **أي أن ELR أكبر من SALR**

بينما إذا كان معدل التناقص الحراري للوسط المحيط = ٤ ° س / كم ومعـــدل التنـــاقص الحراري الذاتي المشبع = ٥ ° س / كم فأن الهواء في هذه الحالة يميل للعـــودة إلـــى مكانـــه الأصلي وعلى ذلك يكون الهواء في حالة استقرار.

شرط الاستقرار للهواء المشبع:

هو أن يكون معدل التناقص الحراري للوسط المحيط أقل من معدل التناقص الحـــراري الذاتـــي المشبع. **أي أن ELR أقل من SALR**

مما سبق يمكن أن نستنتج القواعد العامة للاستقرار وعدم الاستقرار التالية:

١- **شرط الاستقرار للهواء الغير مشبع:**

أن يكون معدل التناقص الحراري للوسط المحيط أقل من معدل التناقص الحراري الذاتـــي الجاف.

٢- **شرط الاستقرار للهواء المشبع:**

أن يكون معدل التناقص الحراري للوســط المحيط أقل من معـــدل التنـــاقص الحـــراري الذاتي المشبع.

٣- **شرط عدم الاستقرار للهواء الغير مشبع:**

أن يكون معدل التناقص الحراري للوسط المحيط أكبر من معدل التناقص الحراري الذاتـــي الجاف.

٤- **شرط عدم الاستقرار للهواء المشبع:**

أن يكون معدل التناقص الحراري للوسط المحيط أكبر من معدل التناقص الحراري الذاتـــي المشبع.

٥- يكون الهواء مستقرا استقرارا مطلقا سواء كان الهواء مشبعا أو غير مشبع:

إذا كان معدل التناقص الحراري للوسط المحيط أقل من معدل التناقص الحراري الذاتي المشبع

أي أن ELR أقل من SALR.

٦- يكون الهواء في حالة عدم استقرار مطلق سواء كان مشبعا أو غير مشبع:

إذا كان معدل التناقص الحراري للوسط المحيط أكبر من معدل التناقص الحراري الذاتي الجاف أي أن **ELR أكبر من DALR.**

٧- إذا كان معدل التناقص الحراري للوسط المحيط أكبر من معدل التناقص الحراري الذاتي المشبع ولكنه أصغر من معدل التناقص الحراري الذاتي الجاف.

أي أن SALR < ELR < DALR

فأن الهواء في هذه الحالة يكون غير مستقر بالنسبة للهواء المشبع ويكون مستقرا بالنسبة للهواء غير المشبع وهذه الحالة تسمى بعدم الاستقرار المشروط.

الأحوال الجوية التي تسبب الاستقرار:

١. برودة سطح الأرض أثناء الليالي الصافية مما قد يصاحبه انقلاب حراري.

٢. مرور هواء ساخن فوق سطح أرض باردة.

٣. مرور هواء ساخن في طبقات الجو العليا فوق هواء بارد.

٤. هبوط الهواء في المرتفعات الجوية.

الأحوال الجوية التي تصاحب الاستقرار:

١. عدم وجود التيارات الصاعدة أو الهابطة.

٢. عندما يكون الهواء رطبا فأن الاستقرار يساعد على تكوين الضباب عند السطح أو السحب الطبقية المنخفضة بالقرب من سطح الأرض.

٣. إذا كان الهواء جافا فأن الاستقرار يساعد على تركيز الرمال والأتربة في الطبقات القريبة من سطح الأرض مما يساعد على تدهور الرؤية الأفقية.

الأحوال الجوية التي تسبب عدم الاستقرار:

١. زيادة تسخين سطح الأرض بواسطة الإشعاع الشمسي فتتولد التيارات الهوائية الصاعدة والتي تسمى تيارات الحمل.

٢. مرور هواء بارد فوق سطح ارض ساخنة.

٣. مرور كتلة هوائية باردة في طبقات الجو العليا فوق كتلة هوائية ساخنة.

٤. أمام مقدمة الجبهات الباردة.

٥. مع المنخفضات الجوية مما يتسبب عنه تيارات هوائية صاعدة.

الأحوال الجوية التي تصاحب عدم الاستقرار:

١. وجود تيارات هوائية صاعدة.

٢. وجود تيارات هوائية هابطة.

٣. عندما يكون الهواء رطبا فأن عدم الاستقرار يساعد على تكوين السحب الركامية والركامية المزنية وحدوث العواصف الرعدية وسقوط الهطول على شكل رخات.

٤. إذا كان الهواء جافا فأن التيارات الهوائية تتسبب في حدوث مطبات هوائية علاوة على أنها تساعد على إثارة الرمال والأتربة حسب طبيعة الأرض.

تحديد ارتفاع قاعدة السحاب وارتفاع قمة السحاب باستخدام معدلات التناقص الحراري المختلفة:

مثال ١:

إذا علمت أن درجة حرارة الهواء عند سطح الأرض هي ١٥ °س ونقطة الندى هي ٩ °س أحسب ارتفاع قاعدة السحابة المتكونة وتعرف علي نوعها.

الحل

الفرق في درجة الحرارة = ١٥ – ٩ = ٦ °س

الهواء غير مشبع (يتم تبريده بـ DALR)

ارتفاع قاعدة السحابة = ١/٦ (١٠٠) = ٦٠٠ متر

وهذه السحابة من النوع المنخفض .

مثال ٢:

إذا كانت درجة حرارة سطح الأرض هي ٨٥° F ودرجة حرارة نقطة الندى هي ٧٤° F عند أي ارتفاع ستتكون السحب؟

الحـــل

س ° = ٥/٩ (ف ° – ٣٢)

درجة حرارة سطح الأرض = ٥/٩ (٨٥ – ٣٢) = ٥/٩(٥٣) = ٢٩,٤ ° س.

درجة حرارة نقطة الندى = ٥/٩ (٧٤ – ٣٢) = ٥/٩ (٤٢) = ٢٣,٣ ° س.

الفرق في درجة الحرارة = ٢٩,٤ – ٢٣,٣ = ٦,١ ° س .

والهواء غير مشبع يتم تبريده بمعدل التناقص الحراري الذاتي الجاف = ١°س / ١٠٠ متر .

ارتفاع قاعدة السحاب المتكون = ٦,١ / ١ (١٠٠) = ٦١٠ متر .

وهذه السحابة من النوع المنخفض .

مثال ٣:

كتلة هوائية درجة حرارتها السطحية هي ٢٠°س ونقطة نداها هي ١٠°س أجبرت على الصعود إلي أعلا فتكونت سحب ، أوجد ارتفاع قاعدة السحابة المتكونة. وإذا كان سمك السحابة المتكونة هو ٢٤٠٠ متر أوجد درجة الحرارة عند قمة السحابة المتكونة ؟

الحـــل

الفرق في الحرارة = ٢٠ – ١٠ = ١٠°س

الهواء غير مشبع (يتم تبريده بـمعدل التناقص الحراري الذاتي الجاف)

ارتفاع قاعدة السحابة المتكونة = ١٠/١ × ١٠٠ = ١٠٠٠ متر

وهذه السحابة من النوع المنخفض

درجة الحرارة عند قاعدة السحابة المتكونة = ١٠ °س .

من المعروف أنه بعد تكون السحابة فأن درجة حرارة الهواء في داخل السحابة سوف تقل بمعدل التناقص الحراري الذاتي المشبع.

سمك السحابة = ٢٤٠٠ متر .

النقص في الحرارة داخل السحابة = ٢٤٠٠ / ١٠٠ × ٠,٥ = ١٢°س .

درجة الحرارة عند قمة السحابة = ١٠ – ١٢ = – ٢ °س .

__مثال ٤:__

كتلة هوائية درجة حرارتها السطحية هي ٢٥° س ونقطة نداها هي ١٠°س أجبرت على الصعود إلى أعلا فتكونت سحب ارتفاع قمتها ٣٠٠٠ متر أوجد ارتفاع قاعدة السحابة وكم تكون درجة الحرارة عند قمة السحابة ؟

الحـــــل

الفرق في الحرارة = ٢٥ – ١٠ = ١٥°س

الهواء غير مشبع (يتم تبريده بمعدل التناقص الحراري الذاتي الجاف)

ارتفاع قاعدة السحابة = ١٥ / ١ × ١٠٠ = ١٥٠٠ متر. وهذه السحابة من النوع المنخفض.

سمك السحابة = ٣٠٠٠ – ١٥٠٠ = ١٥٠٠ متر

درجة الحرارة عند قاعدة السحابة ١٠°س

الهواء داخل السحابة مشبع وتقل درجة حرارته بمعدل التناقص الحراري الذاتي المشبع.

النقص في الحرارة داخل السحابة = ١٥٠٠ / ١٠٠ × ٠,٥ = ٧,٥ ° س .

درجة الحرارة عند قمة السحابة = ١٠ – ٧,٥ = ٢,٥ °س

مثال ٥:

أحسب درجة حرارة الهواء عند سطح الأرض إذا علمت أن درجة حرارة الـــهواء هـــي ١٥°س على ارتفاع ١٥٠٠ متر في حالة:

أ – عدم وجود السحب.

ب– وجود سحب سمكها ١٠٠٠ متر.

الحـــــــــــل

أ – **في حالة عدم وجود السحب:**

تزيد درجة حرارة الهواء بمعدل التناقص الحراري الذاتي الجاف (١ ° س / ١٠٠ متر)

الزيادة في الحرارة = ١٥٠٠ / ١٠٠ × ١ = ١٥°س

درجة حرارة الهواء عند سطح الأرض = ١٥ + ١٥ = ٣٠° س

ب– **في حالة وجود سحب سمكها ١٠٠٠ متر:**

تزيد درجة حرارة الهواء داخل السحابة حتى قاعدة السحابة بمعدل التناقص الحـــراري الذاتـــي المشبع (٠,٥°س / ١٠٠ متر)

الزيادة في الحرارة داخل السحابة = ١٠٠٠ /١٠٠ × ٠,٥ = ٥°س .

درجة حرارة الهواء عند قاعدة السحابة = ٥ + ١٥ = ٢٠°س .

ارتفاع قاعدة السحابة عن سطح الأرض = ١٥٠٠ – ١٠٠٠ = ٥٠٠ متر .

تزيد درجة حرارة الهواء من قاعدة السحابة وحتى سطح الأرض بمعـــدل التنـــاقص الحـــرارة الذاتي الجاف (١ °س / ١٠٠ متر)

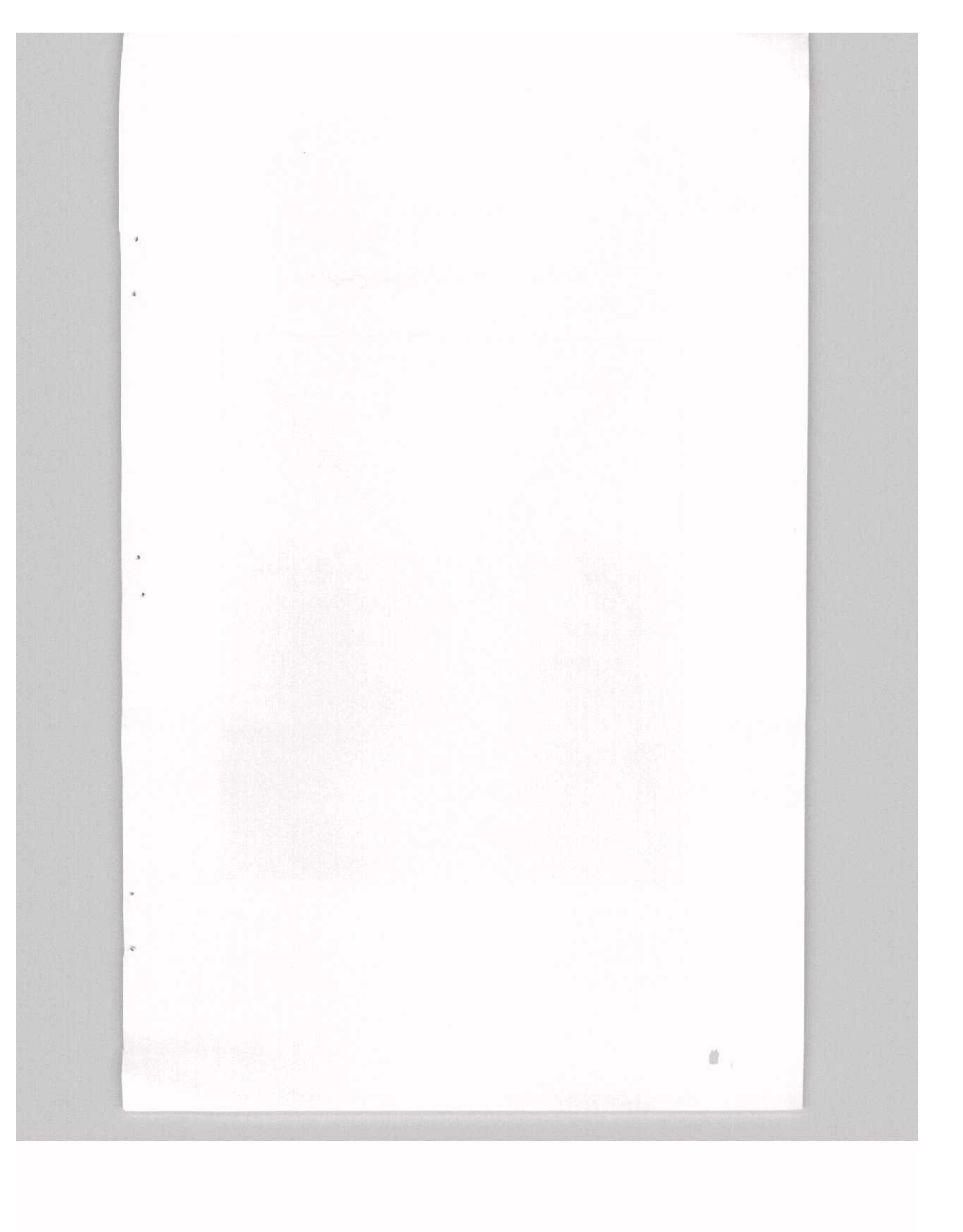
الزيادة في درجة الحرارة = ٥٠٠ / ١٠٠ × ١ = ٥°س .

درجة حرارة الهواء عند سطح الأرض = ٢٠ + ٥ = ٢٥°س.

الباب السابع

الرياح السطحية Surface Wind





الباب السابع

الرياح السطحية

Surface Wind

الرياح هي عبارة عن هواء في حركة أفقية وتشير كلمة الرياح في علم الأرصاد الجوية إلي سريان عريض للهواء سواء عند سطح الأرض أو في طبقات الجو العليا. وفي هذا الباب سوف نهتم فقط بدراسة الحركة الأفقية للهواء بالقرب من سطح الأرض وهو ما يعرف بالرياح السطحية.

ومن المعروف أن سرعة الرياح **Wind Velocity** هي كمية متجه لها مقدار واتجاه ويسمي مقدار سرعة الرياح المتجه بسرعة الرياح **Wind Speed** ويسمي اتجاه سرعة الرياح المتجه باتجاه الرياح **Wind Direction**.

واتجاه الرياح هو الاتجاه الذي تهب منه الرياح مقاسا من الشمال الحقيقي في اتجاه عقارب الساعة علي المقياس ٠٠٠ ° إلي ٣٦٠ ° أو بكارتات البوصلة (شمال **N** – شمال شرق **NE** – شرق **E** – جنوب شرق **SE** – جنوب **S** – جنوب غرب **SW** – غرب **W** – شمال غرب **NW**) وفي حالة عدم وجود رياح يطلق علي الرياح كلمة رياح ساكنة **Calm Wind**.

وتتعرض سرعة الرياح السطحية عادة إلي تقلبات سريعة وعند مناقشة التغيرات في سرعة الرياح فانه من الضروري التمييز بين النفحة **Gust** والهبة **Squall**. والنفحة هي عبارة عن زيادة سريعة في سرعة الرياح بالنسبة لمتوسط سرعة الرياح خلال فترة زمنية معينة وفترة دوامها أقل من فترة دوام الهبة ويعقب النفحة نقصان في سرعة الرياح. أما الهبة فهي عبارة عن رياح شديدة تبدأ فجأة وتدوم لبضع دقائق ثم تنعدم بعد ذلك فجأة ويمكن تعريف الهبة

بأنها زيادة مفاجئة في سرعة الرياح بمقدار ١٦ عقدة علي الأقل بحيث لا تقل سرعة الرياح عن ٢٢ عقدة وتدوم الهبة لمدة دقيقة علي الأقل.

القوي المؤثرة علي حركة الهواء:

١- قوة تدرج الضغط — **Pressure Gradient Force**

٢- قوة الانحراف أو قوة كر ولوس (نتيجة لدوران الأرض)

Deflection Force or Corollas Force

٣- القوة الطاردة المركزية — **Centrifugal Force**

٤- قوة الجاذبية — **Gravitational Force**

٥- قوة الاحتكاك — **Frictional Force**

رياح الجيوستروفيك Geo-strophic Wind:

إذا تحركت كتلة من الهواء تحت تأثير قوتيـن متزنتين أي متساويتان فـي المقـدار ومتضادتان في الاتجاه هما قوة تدرج الضغط وقوة الانحراف (قوة كر ولوس) يتحرك الـهواء في اتجاه عمودي علي الخط الواصل بين القوتين موازيا لخطوط تساوي الضغط ويصنع زاويـة قائمة مع قوة تدرج الضغط لليمين من قوة تدرج الضغط في نصف الكرة الشمالي ولليسار مـن قوة تدرج الضغط في نصف الكرة الجنوبي وتسمي هذه الرياح برياح الجيوستروفيك (ش ٣٦) ويمكن تعريف **رياح الجيوستروفيك Geo-strophic Wind** بأنها الرياح التي تتحرك تحـت تأثير قوتين متزنتين أي متساويتان في المقدار ومتضادتان في الاتجاه هما قوة تـدرج الضغـط وقوة الانحراف (قوة كر ولوس) وهي عادة تتحرك في خطوط مستقيمة موازية لخطوط تسـاوي الضغط الجوي.

ورياضيا يمكن حساب رياح الجيوستروفيك بالمعادلة التالية:

$$Vg = (\Delta P/\Delta D) / 2\,\Omega\,\rho\,\sin ø$$

حيث أن Vg تمثل قيمة رياح الجيوسترفيك - ΔP تمثل الفرق في الضغط الجوي بين خطى تساوي ضغط - ΔD تمثل المسافة بين خطي تساوي الضغط - Ω تمثل السرعة الزاوية للكرة الأرضية - ρ تمثل كثافة الهواء - $ø$ تمثل خط العرض

ومن المعادلة السابقة يمكن استنتاج أن رياح الجيوستروفيك تكون أكبر ما يمكن كلما اتجهنا إلي خط الاستواء وبالعكس، تكون رياح الجيوستروفيك أقل ما يمكن كلما اتجهنا إلي الأقطاب.

<u>قانون بايزبالوت Buysballats Law</u>: وضح بايزبالوت في عام ١٨٥٧ العلاقة التي تنشأ بين اتجاه الرياح وخطوط تساوي الضغط وينص قانون بايزبالوت علي ما يأتي: **قف مواجها لاتجاه الرياح الحقيقية يكون مركز المنخفض الجوي علي يدك اليمني في نصف الكرة الشمالي وعلي يدك اليسرى في نصف الكرة الجنوبي.**

<u>رياح التدرج Gradient Wind</u>: هي الرياح التي تتحرك في منحيات حول المنخفضات الجوية أو المرتفعات الجوية تحت تأثير أتزان ثلاث قوي هي:

١- **قوة تدرج الضغط** **Pressure Gradient Force**

٢- **قوة الانحراف أو قوة كر ولوس (نتيجة لدوران الأرض)**

Deflection Force or Corollas Force

٣- **القوة الطاردة المركزية** **Centrifugal Force**

وتشمل هذه الرياح ما يأتي:

١- رياح الانخفاض Cyclonic Wind: هي الرياح التي تدور حول مناطق الضغـط المنخفض في اتجاه مضاد لعقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي وفي اتجاه عقارب الســـاعة في نصف الكرة الجنوبي قاطعة خطوط تساوي الضغط الجوي بزاوية صغـــيرة للداخـل (ش ٣٧).

٢- رياح الارتفاع Anticyclonic Wind: هي الرياح التي تدور حول مناطق الضغط المرتفع في اتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي وفي اتجاه مضاد لعقارب الساعة في نصف الكرة الجنوبي قاطعة خطوط تساوي الضغط الجوي بزاوية صغيرة للخارج (ش ٣٨).

تقدم الرياح Veering Wind و تقهقر الريـــاح Backing Wind: الريـاح المتقدمة هي الرياح التي تغير اتجاهها مع عقارب الساعة (ش ٣٩) والرياح المتقـــهقرة هـي الرياح التي تغير اتجاهها ضد عقارب الساعة (ش ٤٠).

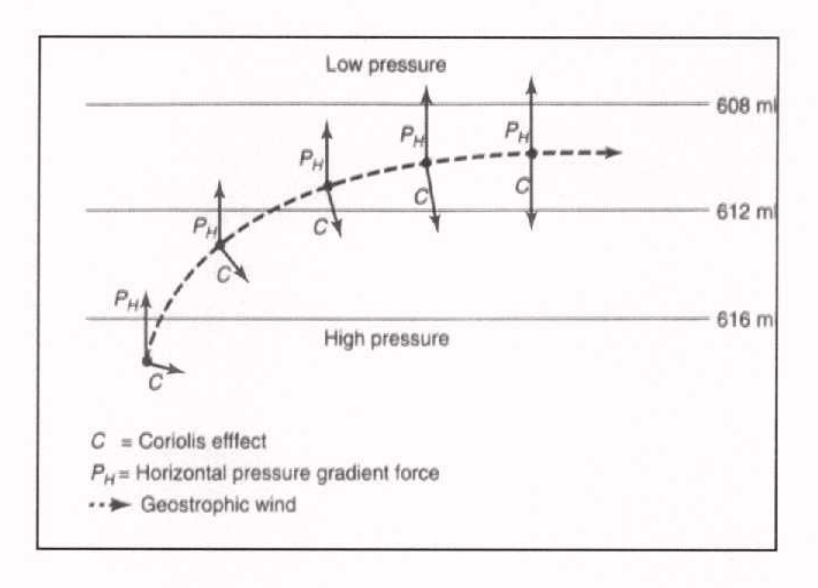
ومن المعروف أنه إذا كانت السفينة متواجدة بالقرب من منخفـض جـوي أو إعصـار استوائي دوار فإذا تقدمت الرياح فأن السفينة تقع علي الجانب الأيمـن لمسـار الإعصـار وإذا تقهقرت الرياح فأن السفينة تقع علي الجانب الأيسر لمسار الإعصار.

تغير سرعة الرياح مع الارتفاع: يمكن إهمال الاحتكاك بعد ارتفاع ١٠٠٠ متر من سـطح الأرض وعند هذا الارتفاع تتساوى الرياح مع رياح الجيوستروفيك التي تحددها الايســوبارات وتكون موازية لها وبصفة عامة تزداد سرعة الرياح بالارتفاع.

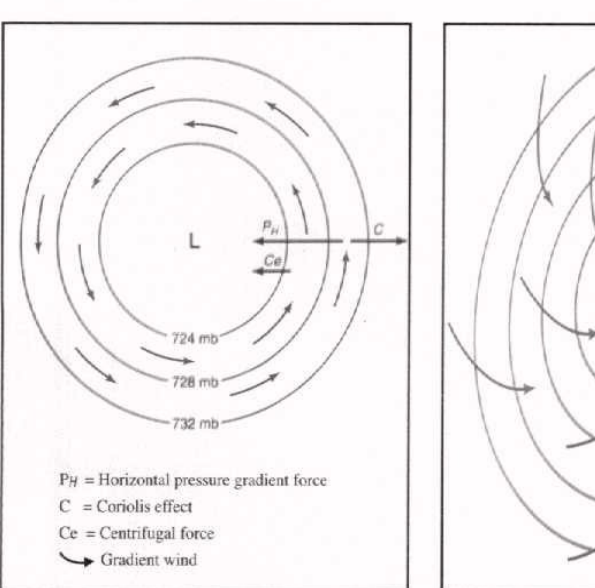
العلاقة بين سرعة الرياح السطحية V وسرعة رياح الجيوستروفيك Vg:

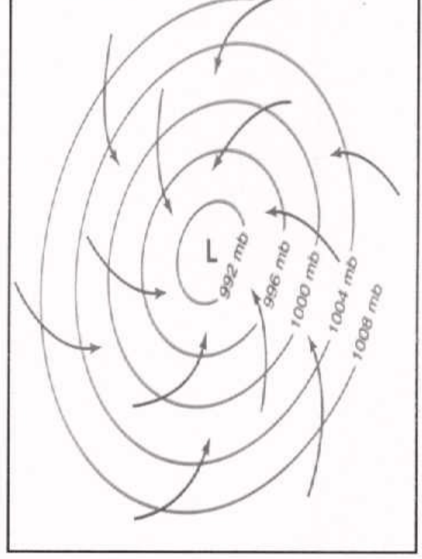
$V = 2/3\ Vg$ فوق البحر

$V = 1/2\ Vg$ فوق الأرض

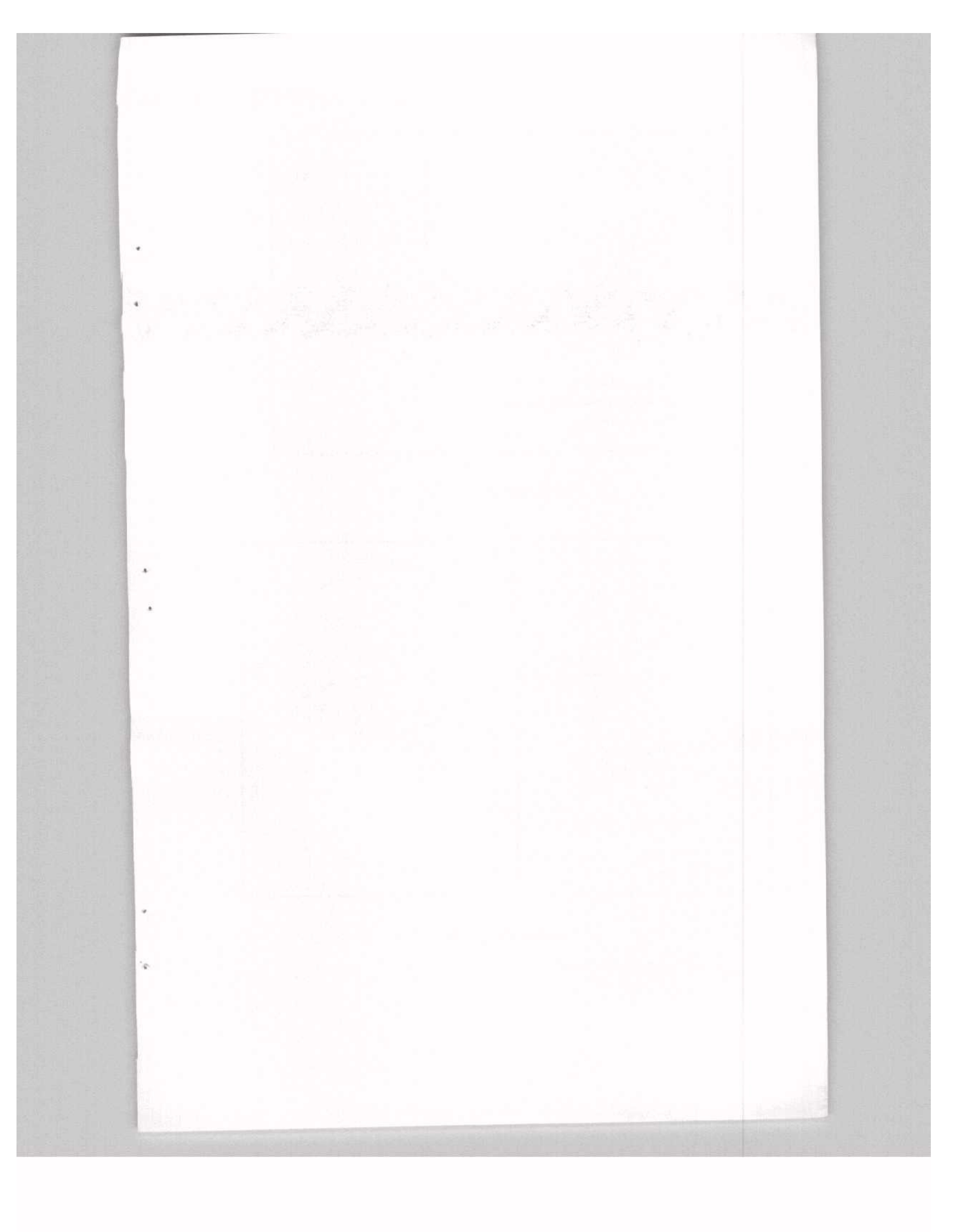


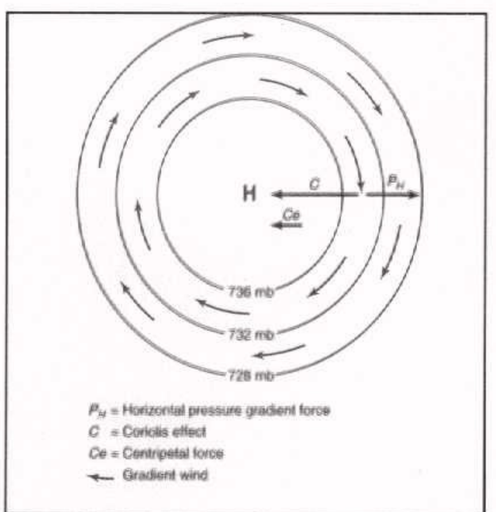
(ش ٣٦) رياح الجيوستروفيك

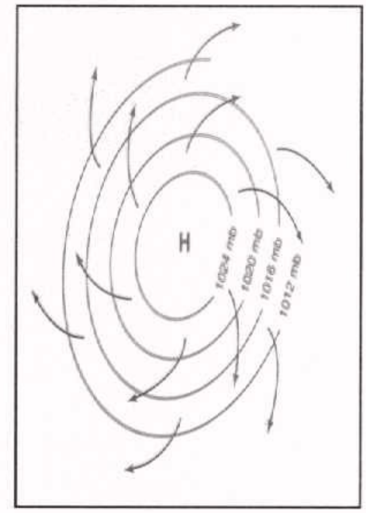




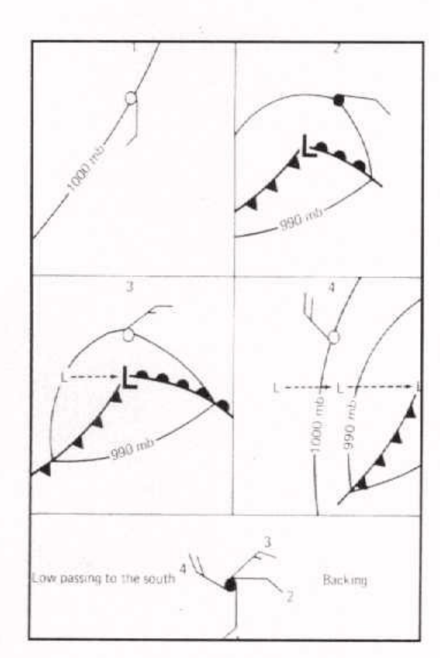
(ش ٣٧) رياح الانخفاض



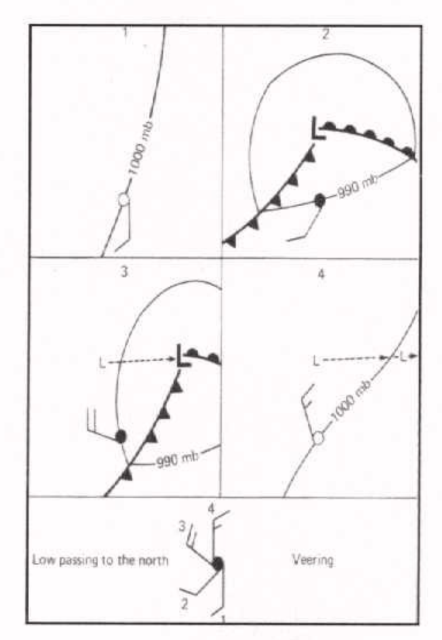




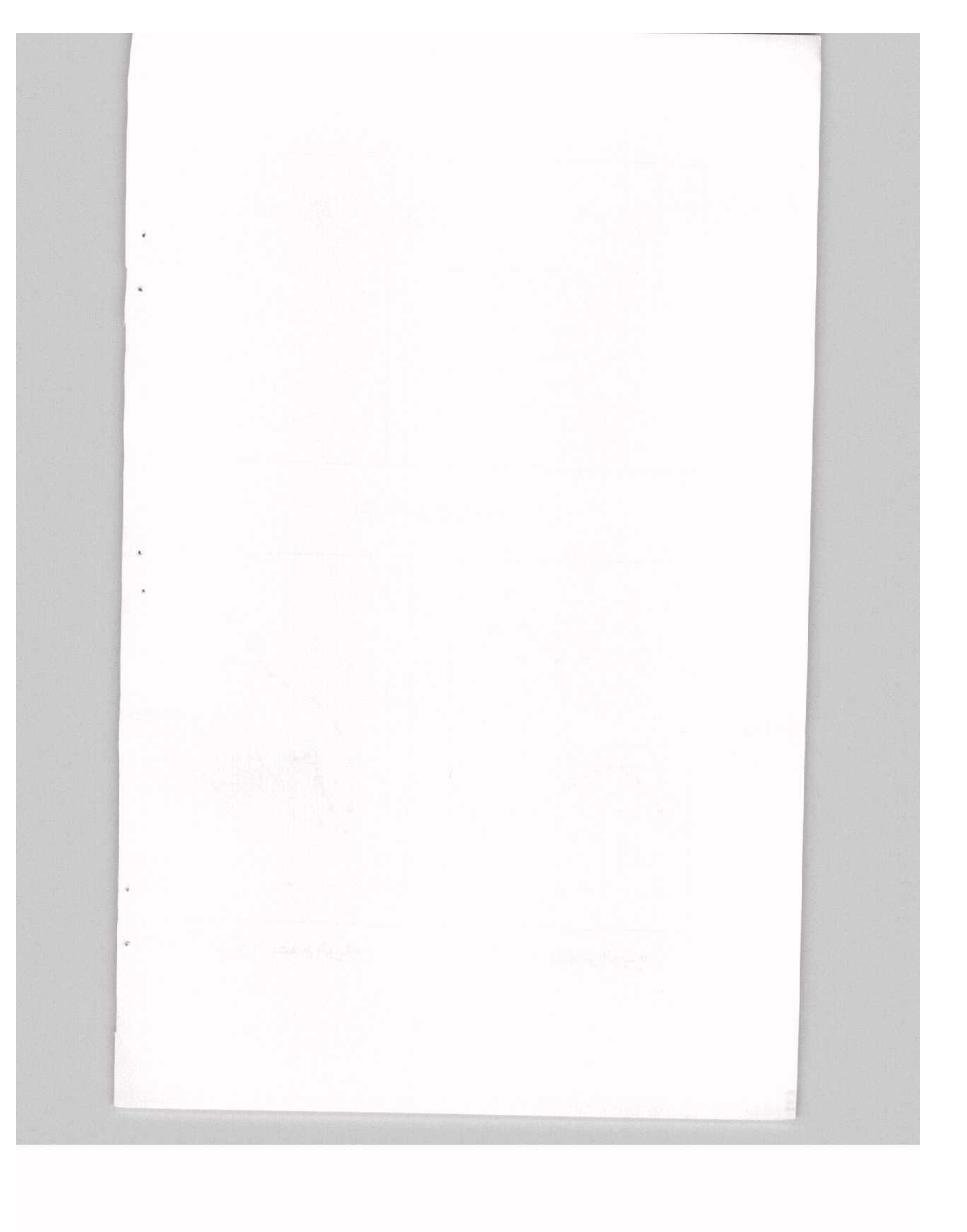
(ش ٣٨) رياح الارتفاع



(ش ٤٠) تقهقر الرياح



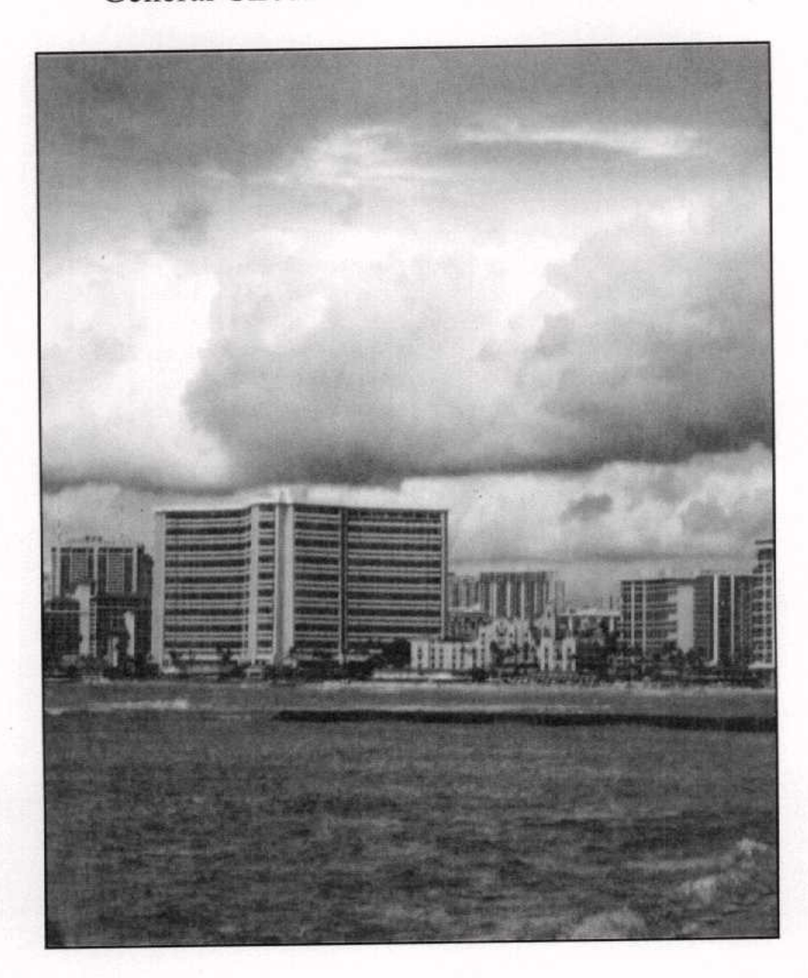
(ش ٣٩) تقدم الرياح

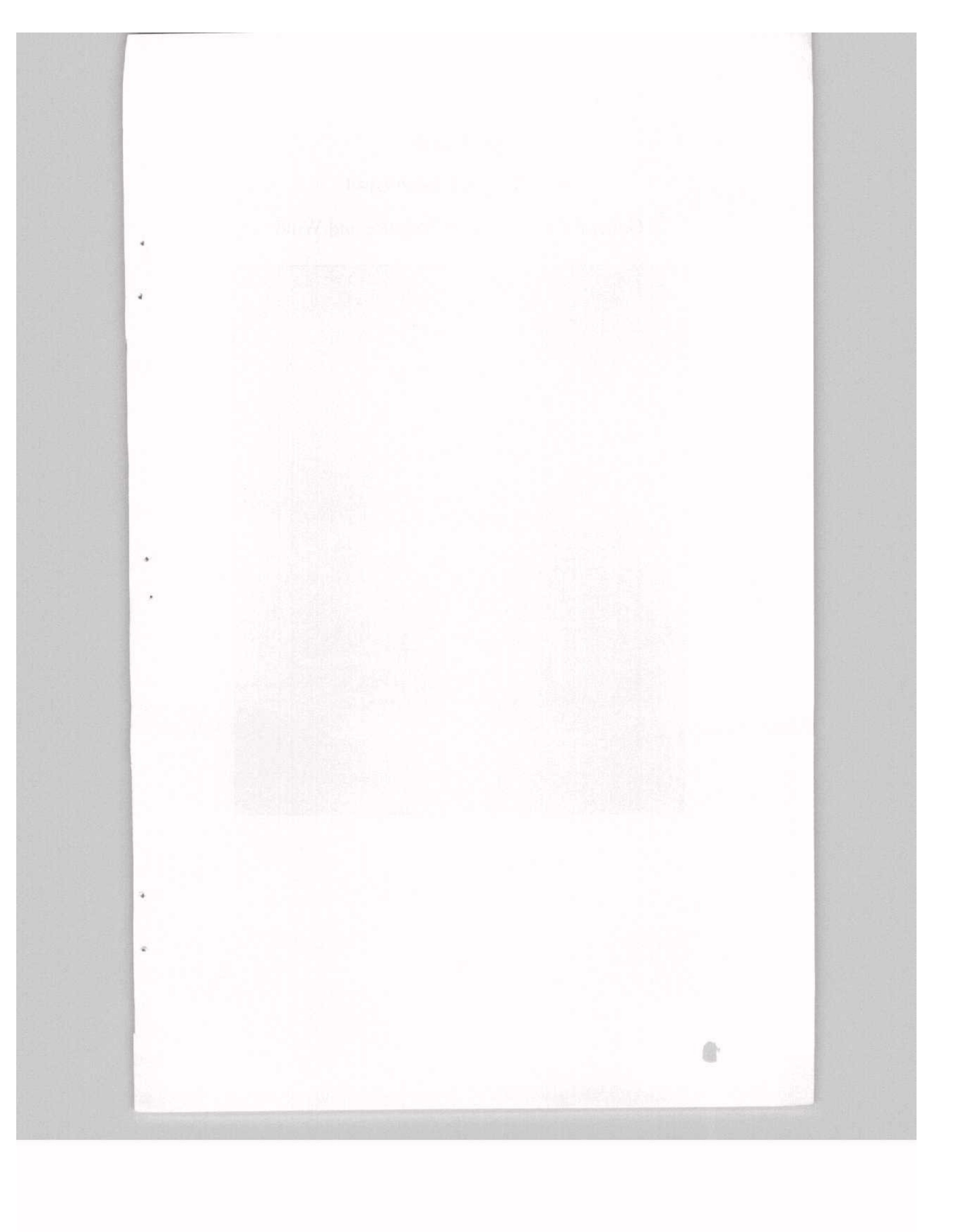


الباب الثامن

الدورة العامة للرياح والضغوط

General Circulation of Pressure and Wind





الباب الثامن

الدورة العامة للرياح والضغوط

General Circulation of Pressure and Wind

من المعروف أن السبب الرئيسي في تكوين الدورة العامة للرياح والضغوط هي الأشعة القادمة من الشمس , فاختلاف الحرارة علي سطح الأرض يسبب اختلافا في الضغط الجوي واختلاف الضغط الجوي بالتالي يسبب الرياح. وكذلك فإنه من المعروف أن الأحوال الجوية والرياح وكذلك مناطق الأمطار مرتبطة بالدورة الهوائية العامة.

الدورة الهوائية العامة لأرض متجانسة ساكنة: يفترض في هذه الحالة أن الأرض متجانسة سواء يابسة أو مسطحات مائية وكذلك يفترض أن الأرض ساكنة ولا تدور حول نفسها وبذلك يتكون نتيجة لذلك منخفض جوي عند منطقة خط الاستواء ويتكون مرتفعان جويان أحدهما عند منطقة القطب الشمالي والآخر عند منطقة القطب الجنوبي وينتج عن ذلك دورتان للرياح فوق سطح الأرض تتحرك فيهما الرياح قرب سطح الأرض من القطبين إلي منطقة خط الاستواء وفي طبقات الغلاف الجوي العليا تتحرك الرياح من منطقة خط الاستواء إلي القطبين (ش ٤١) وبصفة عامة يمكن التمييز بين منطقة عدم استقرار عند منطقة خط الاستواء ومنطقتان للاستقرار الأولي عند القطب الشمالي والثانية عند القطب الجنوبي.

الدورة الهوائية العامة لأرض متجانسة متحركة: أن تأثير حركة الأرض هو وجود قوة الانحراف والتي تؤثر علي اتجاه حركة الهواء حيث ينحرف الهواء لجهة اليمين في نصف الكرة الشمالي وينحرف الهواء إلي اليسار في نصف الكرة الجنوبي ويتم ملاحظة الأتي:

١- وجود منخفض جوي في المناطق التالية: منطقة خط الاستواء - خط عرض ٦٠° شمالا - خط عرض ٦٠° جنوبا.

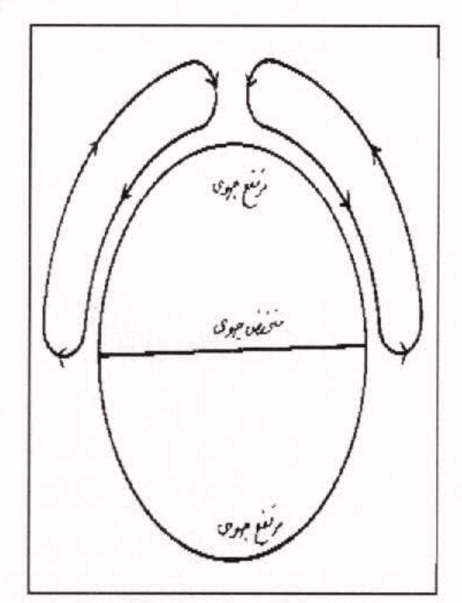
٢- وجود مرتفع جوي في المناطق التالية: خط عرض ٣٠° شمالا - خط عرض ٣٠° جنوبا - القطبين الجنوبي والشمالي.

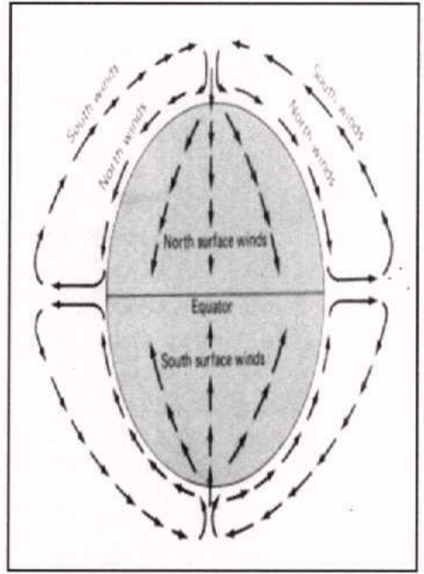
وتهب الرياح حول توزيعات الضغط الجوي المختلفة حسب قانون بايزبالوت قاطعة خطوط تساوي الضغط بزاوية صغيرة من المرتفع الجوي إلي المنخفض الجوي ونتيجة لذلك تتكون خلايا أساسية للهواء في كلا من نصف الكرة الشمالي ونصف الكرة الجنوبي وهذه الخلايا موضحة في (ش ٤٢). وبصفة عامة يمكن التمييز بين مناطق عدم استقرار عند منطقة خط الاستواء وعند خط عرض ٦٠° شمالا وعند خط عرض ٦٠° جنوبا ومناطق استقرار عند القطب الشمالي والقطب الجنوبي وعند خط عرض ٣٠° شمالا وعند خط عرض ٣٠° جنوبا.

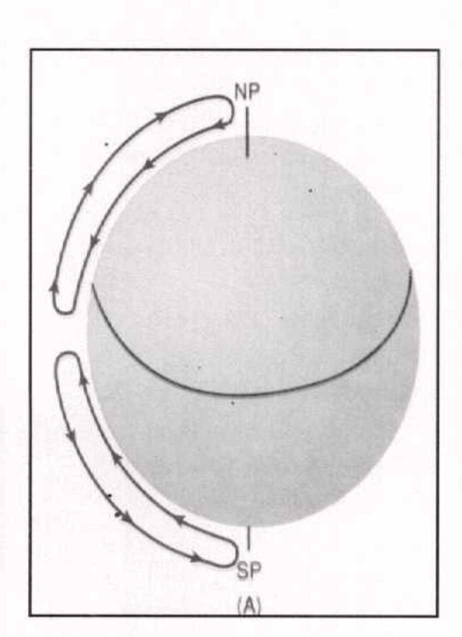
<u>خصائص الرياح في الدورة الهوائية العامة:</u>

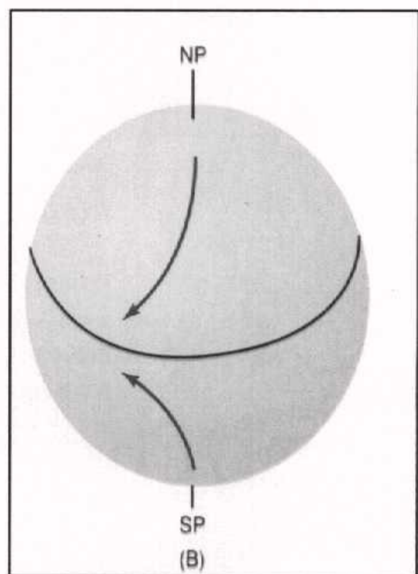
١- **<u>منطقة الركود Doldrums:</u>** يطلق هذا الاسم علي منطقة المنخفض الجوي الموجود عند تلاقي الرياح التجارية الشمالية الشرقية في نصف الكرة الشمالي والرياح التجارية الجنوبية الشرقية في نصف الكرة الجنوبي. والصفة المميزة لرياح منطقة الركود أنها رياح خفيفة متغيرة الاتجاه وهذه المنطقة تتميز بالمطر الغزير المصحوب بالعواصف الرعدية. ومن المعروف أن الأحوال الجوية في هذه المنطقة تكون حسنة عندما تكون الرياح التجارية خفيفة بينما تكون الأحوال الجوية سيئة جدا عندما تكون سرعة الرياح التجارية أكبر من المعدل.

٢- **<u>الرياح التجارية Trade Wind:</u>** تهب الرياح التجارية بين منطقة الركود ومنطقة المرتفع الجوي بعد المداري**Sub-Tropical high pressure** عند خط عرض ٣٠° في كلا من نصفي الكرة الشمالي والجنوبي ويكون اتجاهها شمال شرقي في نصف الكرة الشمالي واتجاهها جنوب شرقي في نصف الكرة الجنوبي. ومتوسط شدة الرياح التجارية هي ١٠ - ١٦ عقدة والرياح التجارية لا تهب في الأجزاء الغربية من المحيط الهادي وشمال المحيط الهندي حيث يحل محلها الرياح الموسمية.

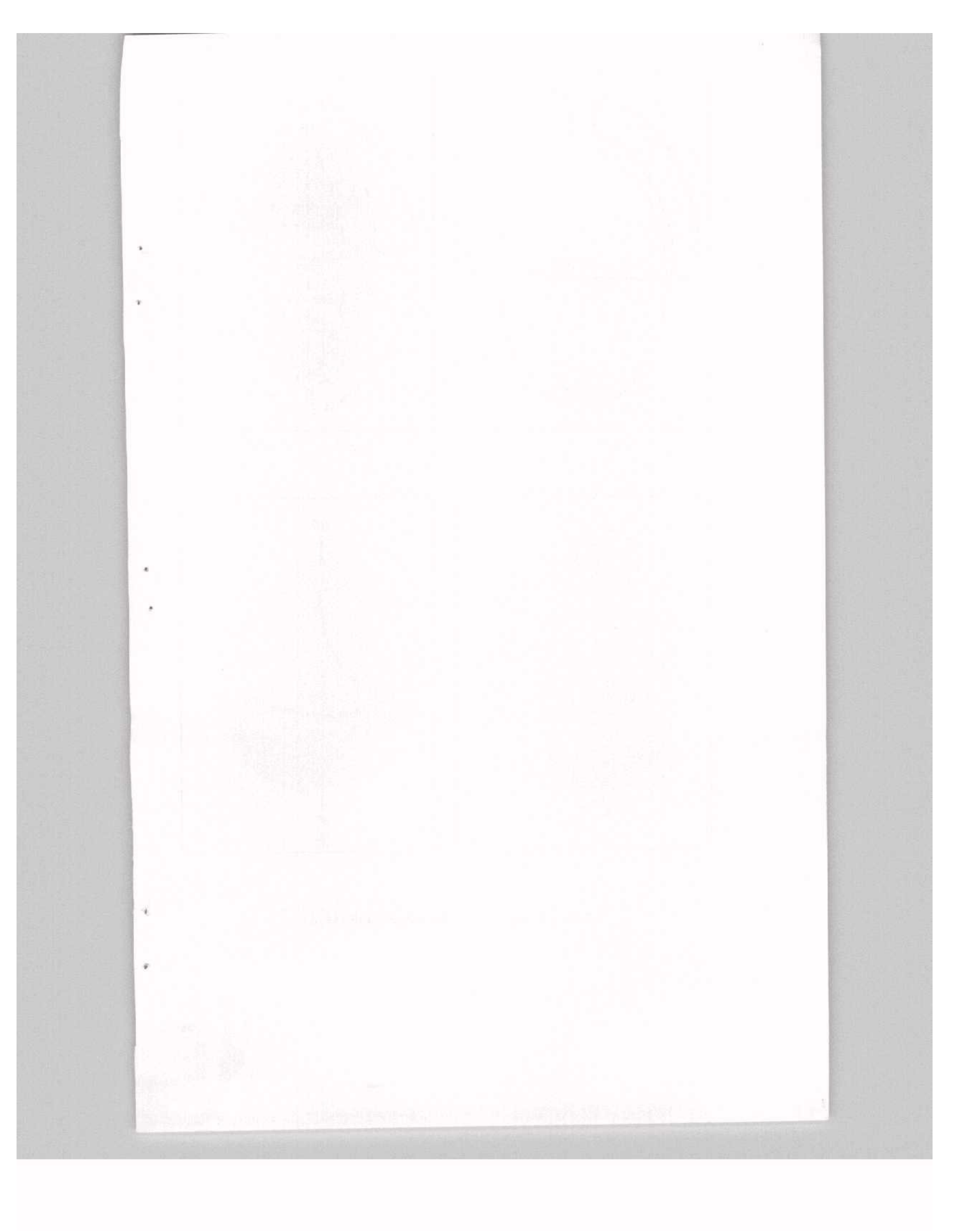


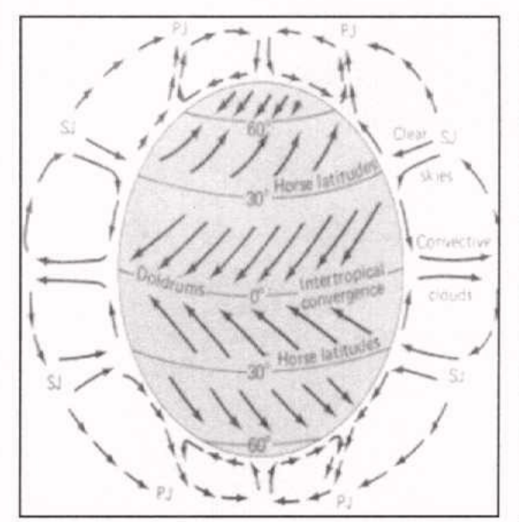


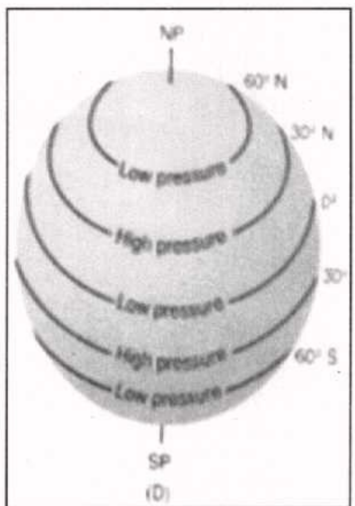


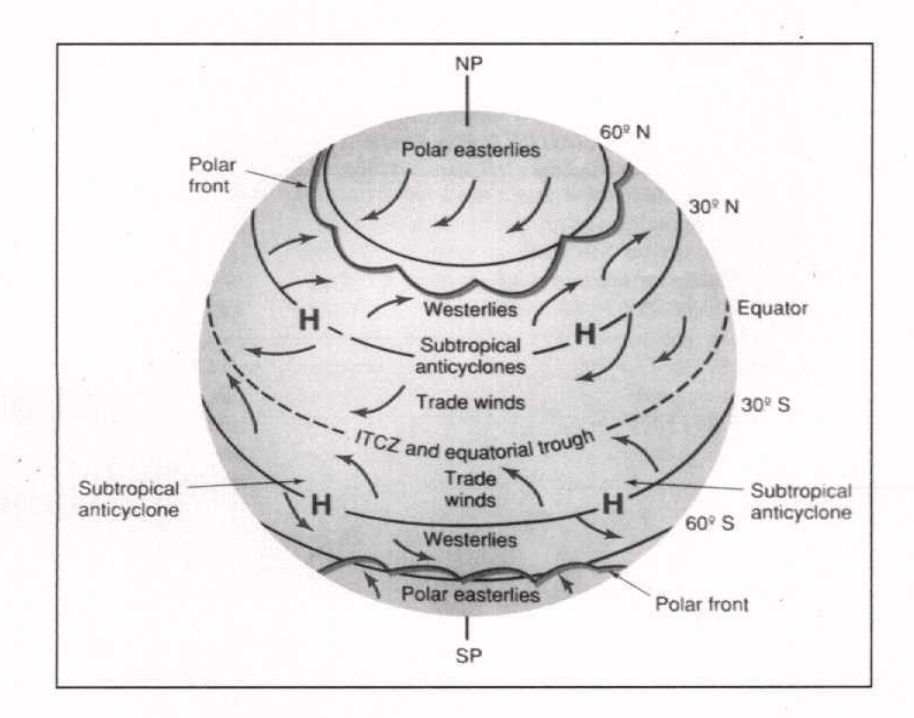


(ش ٤١) الدورة الهوائية العامة لأرض متجانسة و ساكنة

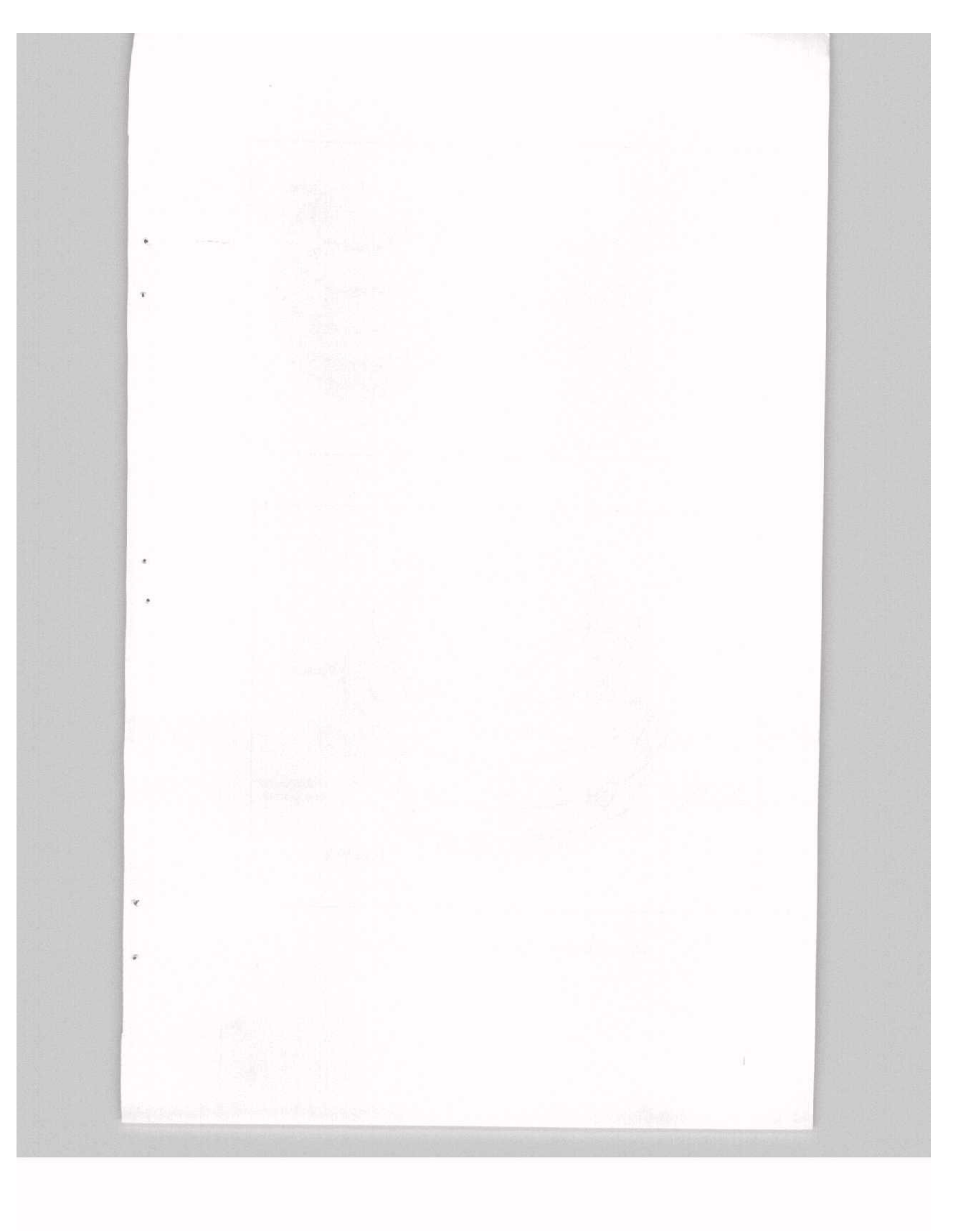








(ش ٤٢) الدورة الهوائية العامة لأرض متجانسة ومتحركة



٣-**الغربيات السائدة Prevailing Westerly Winds:** الغربيات السائدة هي جـزء مـن الدورة الهوائية العامة والتي تهب من الارتفاعات بعد المدارية عند خط عرض ٣٠° في كـلا من نصفي الكرة الشمالي والجنوبي تجاه المنخفضات الجوية الموجودة عند خـط عـرض ٦٠° شمالا وعند خط عرض ٦٠ ° جنوبا في اتجاه القطبين ويكون اتجاهها جنوب غربي في نصـف الكرة الشمالي وشمال غربي في نصف الكرة الجنوبي.

٤-**الشرقيات السائدة Prevailing Easterly Winds:** الشرقيات السائدة هي جزء مـن الدورة الهوائية العامة والتي تهب من الارتفاعات عند القطب الشمالي والقطب الجنوبـي تجـاه المنخفضات الجوية الموجودة عند خط عرض ٦٠ ° في كلا مـن نصفـي الكـرة الشـمالي والجنوبي ويكون اتجاهها شمال شرقي في نصف الكرة الشمالي وجنوب شرقي في نصف الكـرة الجنوبي.

الرياح المحلية Local winds: في أي مكان تتأثر طبيعة تدفق الهواء بخصائص السـطح الذي ينساب فوقه الهواء وكذلك الارتفاع المتغير لسطح الأرض و تعرف هذه الرياح بالريـاح المحلية ويوجد منها أنواع عديدة و في هذا الباب سوف يتم شرح الأنواع التالية:

١-**نسيم البحر See Breeze:** قريبا من الشواطئ تبدأ خلال الصباح رياح عبر الساحل حيث يتم تسخين الهواء الملامس لسطح اليابسة فينخفض الضغط الجوي عند سطح الأرض بينما لا تتأثر درجة حرارة المياه إلا قليلا وبالتالي يصبح الضغط الجوي فـوق البحـار مرتفـع نسبيا عن الضغط الجوي فوق اليابسة وعندما يكون تدرج الضغط بين الضغط الجوي فـوق البحار واليابسة المجاورة كافيا تهب الرياح من البحر إلي اليابسة وتسمي الرياح فـي هـذه الحالة نسيم البحر(ش ٤٣). وعموما يبدأ نسيم البحر في الهبوب في الصباح ويصل إلـي أقصي شدة له وقت ١٤٠٠ بالتوقيت المحلي. وتكون شدة نسيم البحر أكبر في الأيام الدافئـة بينما تكون أضعف في الأيام الباردة.

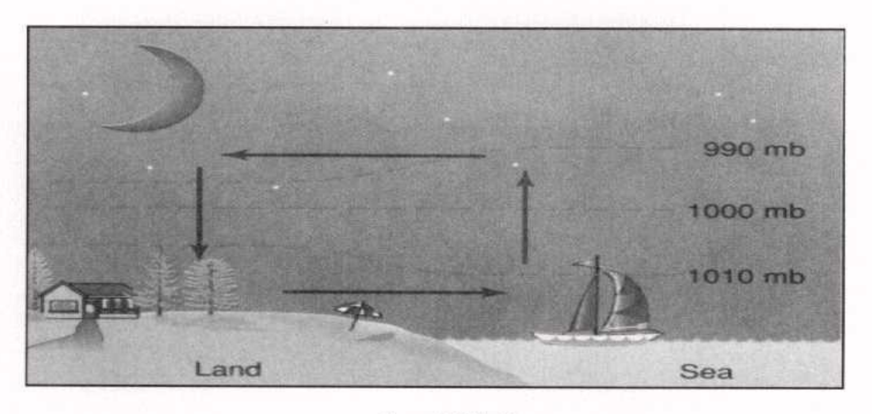
٢-**نسيم البر Land Breeze:** ينشأ نسيم البر (ش ٤٤) بالليل في المناطق الساحلية حيـث يبرد الهواء الملامس لليابسة بعد الغروب وبذلك يرتفع الضغط الجوي فوق اليابسة ويصبـح

الضغط الجوي فوق البحر أقل نسبيا من الضغط الجوي فوق اليابسة وتدرج الضغط بين البحر واليابسة يتسبب في هبوب الرياح من اليابسة إلي البحر ويبدأ نسيم البر بعد غروب الشمس ويستمر إلي ما قبل شروق الشمس وعموما نسيم البر يكون أخف من نسيم البحر. كما أن نسيم البر يتكون بصورة واضحة في المناطق المدارية.

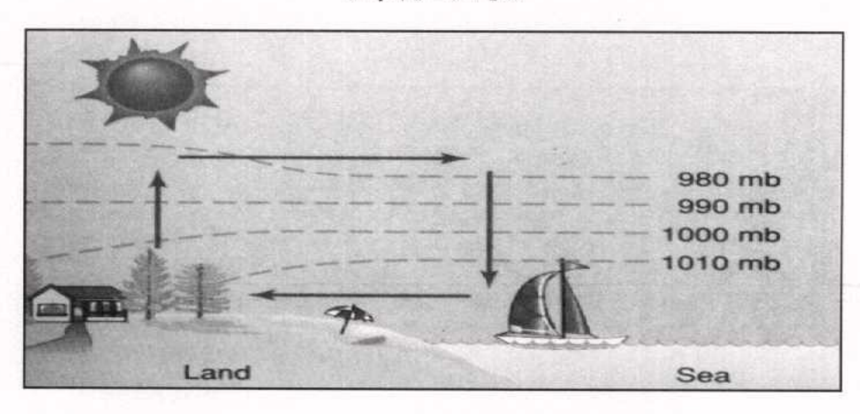
٣-الرياح السفحية الهابطة (رياح الكاتاباتيك Katabatic wind): عندما يبرد سطح الأرض ليلا في الليالي الخالية من السحاب يبدأ الهواء في الانسياب إلي أسفل المنحدرات الجبلية والتلال وتسمي بالرياح الهابطة أو رياح الكاتاباتيك (ش ٤٥) والرياح الهابطة المشهورة في منطقة البحر المتوسط تعرف باسم **رياح البورا Bora wind**

٤-الرياح السفحية الصاعدة (رياح الأناباتيك Anabatic wind): تنشأ الرياح السفحية الصاعدة بالعملية العكسية لتلك المسببة للرياح السفحية الهابطة حيث يتدفق الهواء لأعلي المنحدرات الجبلية والتلال نهارا نتيجة لتسخين الهواء الموجود في اسفل هذه المنحدرات والتلال بالتوصيل وذلك لتسخين الأرض نهارا (ش ٤٦).

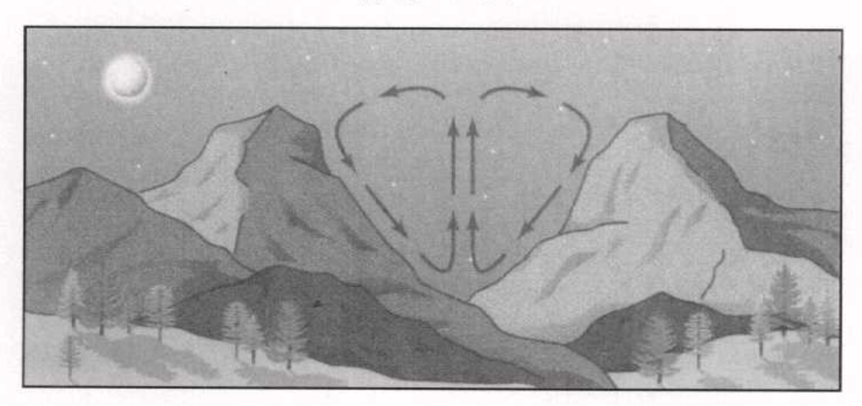
٥-رياح الفوهن (Foehn wind): في أوروبا تتدفق رياح جنوبية جافة ساخنة أسفل المنحدرات الشمالية لجبال الألب وتسمي محليا باسم رياح الفوهن (ش ٤٧) وبصفة عامة يطلق أخصائيو الأرصاد الجوية أسم رياح الفوهن علي كل الرياح الجافة الساخنة المشابهة والتي تحدث في مناطق جبلية أخري من العالم. ومن المعروف علميا أنه إذا هب الهواء فوق جبل فان درجة حرارته سوف تقل بمعدل التناقص الحراري الذاتي الجاف حتى تصل درجة حرارته إلي درجة حرارة نقطة الندي وإذا أستمر الهواء في الصعود لأعلا يحدث تكثف وتتكون السحب وربما سقط منها الهطول وتقل درجة الحرارة داخل السحابة بمعدل التناقص الحراري الذاتي المشبع حتى يصل الهواء إلي الجانب تحت الرياح فيبدأ الهواء في الهبوط وترتفع درجة حرارته أولا بمعدل الحرارة الذاتي المشبع حتى يترك السحابة وبعد ذلك ترتفع درجة حرارته بمعدل الحرارة الذاتي الجاف ويصل الهواء في النهاية عند سطح الأرض في الجانب تحت الرياح أسخن وأكثر جفافا من الهواء عند الجانب المواجه للرياح التي تسمي رياح الفوهن وبصفة عامة فأن الاختلاف في درجة الحرارة علي جانبي الجبل تعتمد أساسا علي ارتفاع الجبل ورطوبة الهواء الصاعد أصلا.



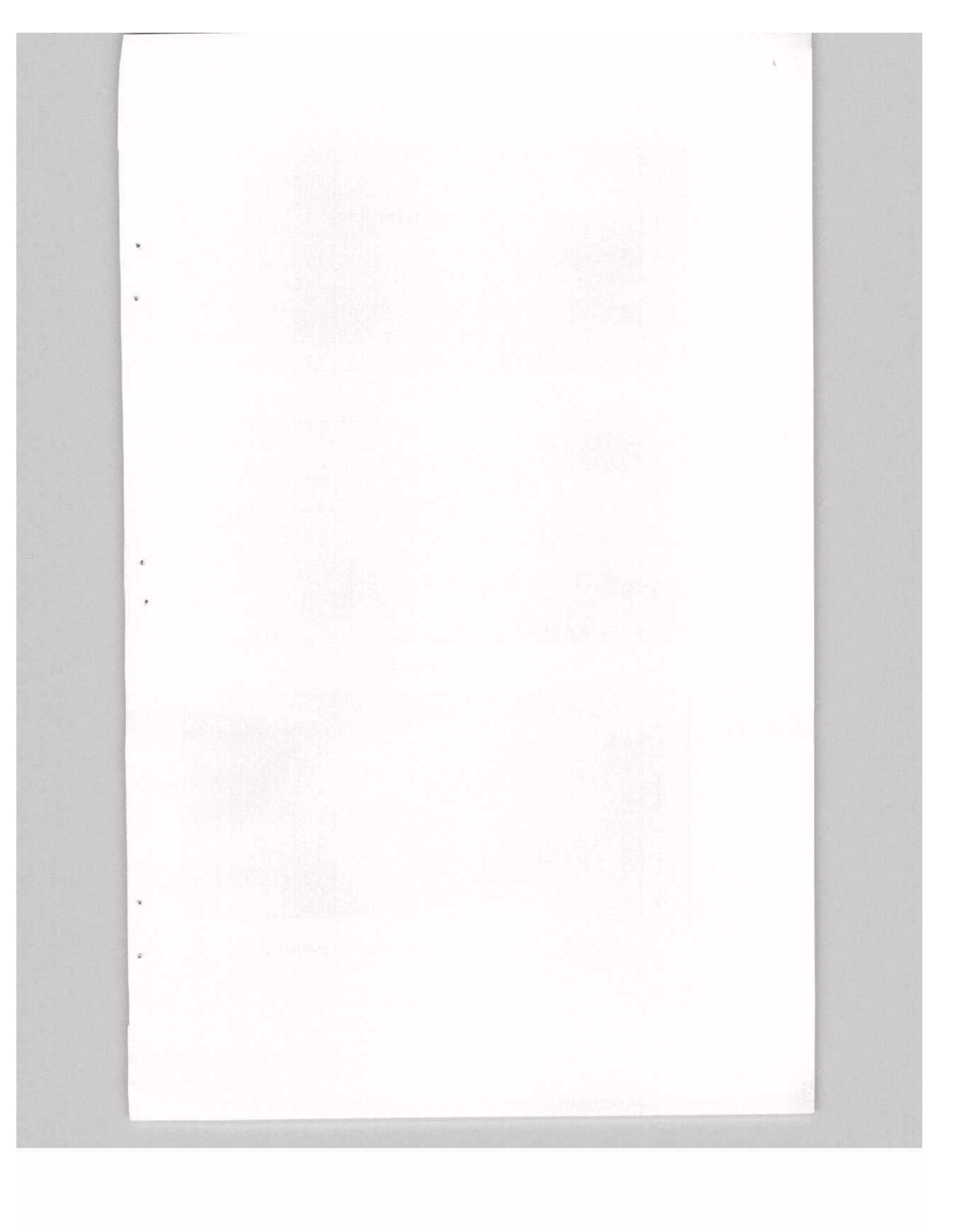
(ش ٤٣) نسيم البحر

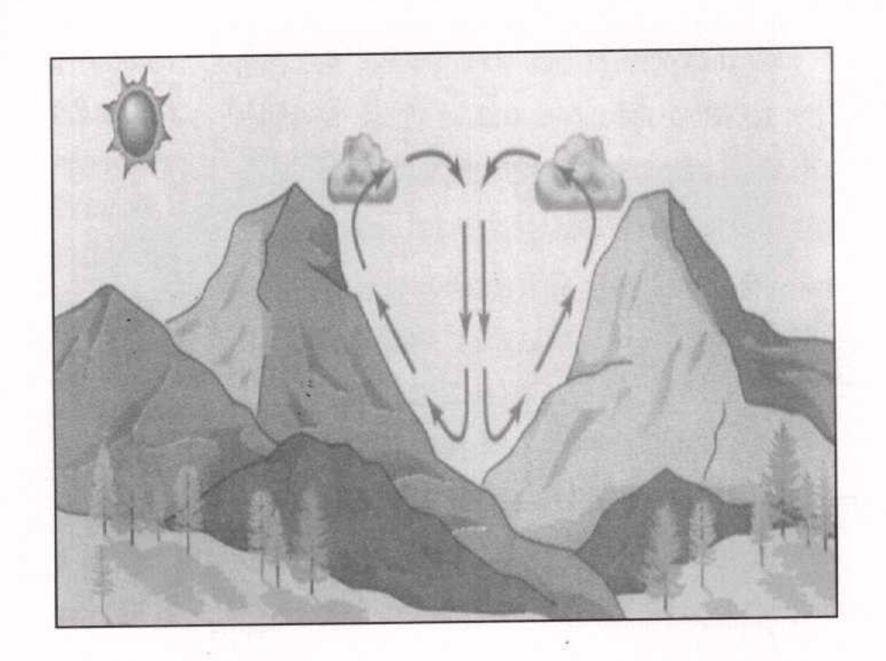


(ش ٤٤) نسيم البر

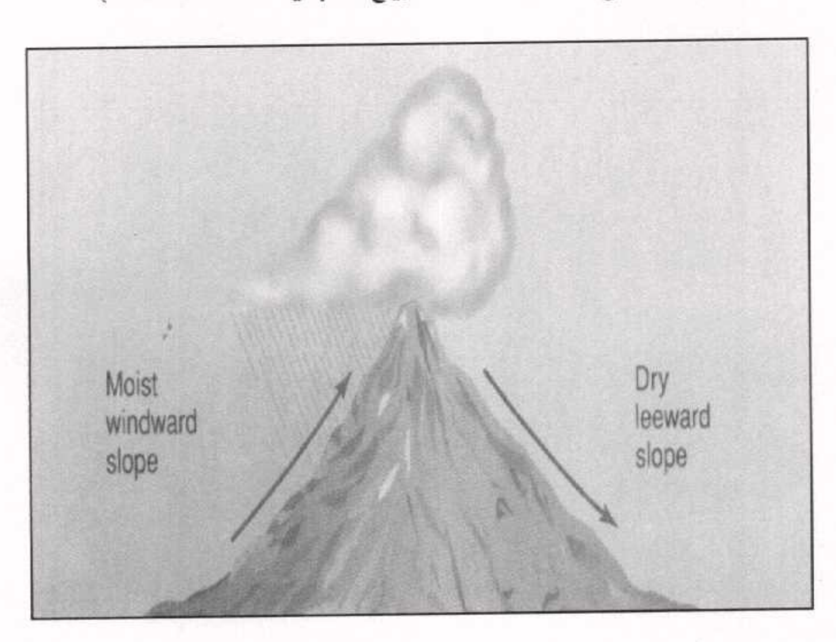


(ش ٤٥) الرياح السفحية الهابطة (رياح الكاتاباتيك Katabatic wind)

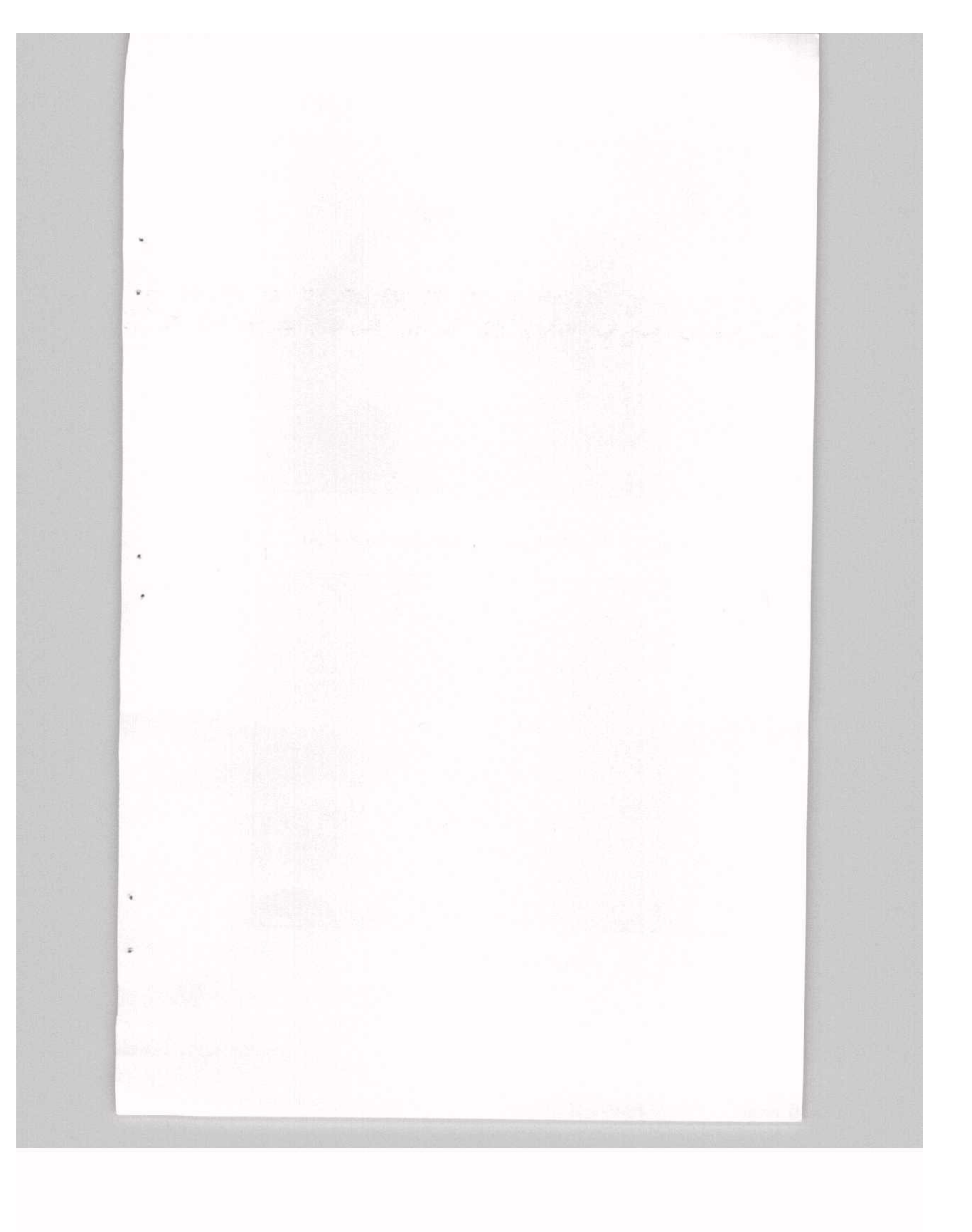




(ش ٤٦) الرياح السفحية الصاعدة (رياح الأناباتيك Anabatic wind)



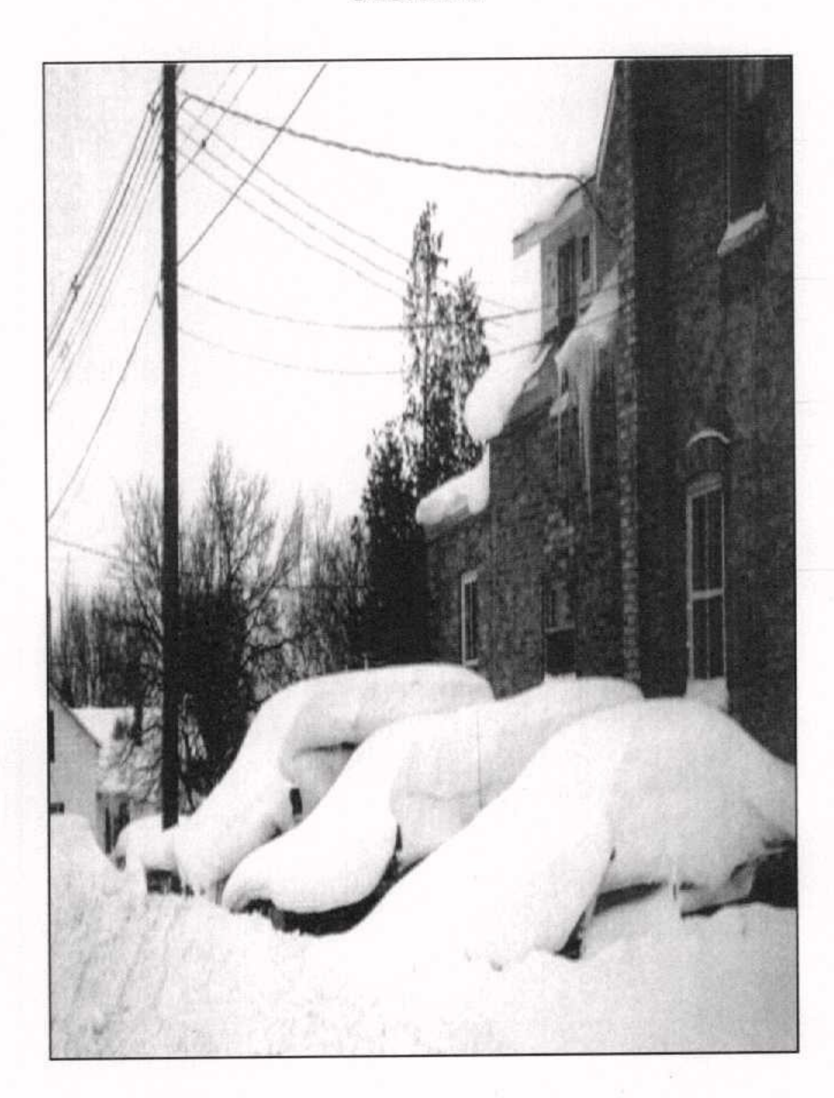
(ش ٤٧) رياح الفوهن Foehn Wind

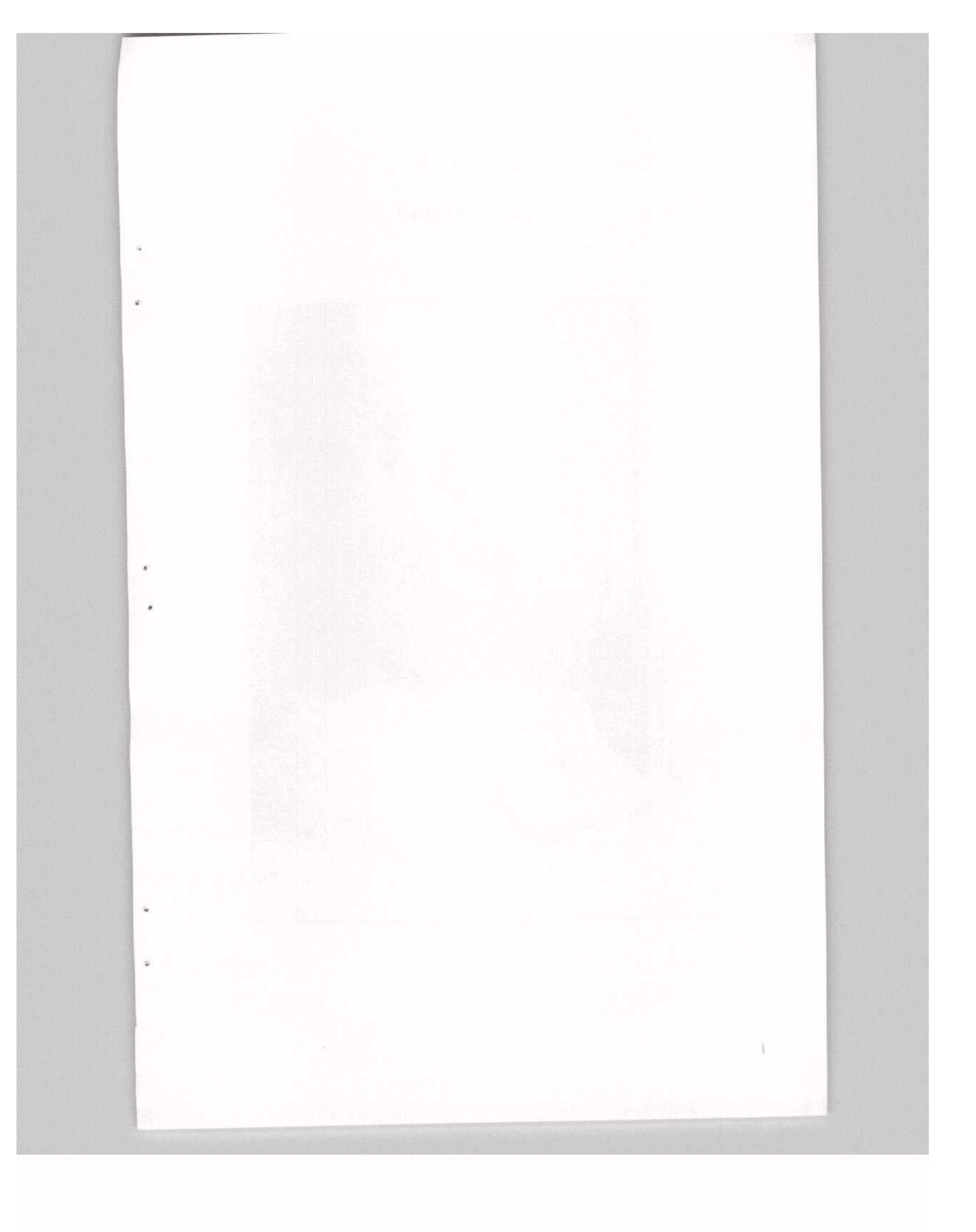


الباب التاسع

الظواهر الجوية

Meteors





الباب التاسع

الظواهر الجوية Meteors

يدل اصطلاح الظواهر الجوية Meteors في الأرصاد الجوية علي أيـــة ظـــاهرة تشاهد في الغلاف الجوي أو علي سطح الأرض باستثناء السحاب وتتكون الظواهر الجوية مـــن هطول أو ترسيب الجسيمات السائلة أو الصلبة وتتضمن أيضا الظواهر الضوئية أو الكهربائيـــة التي تحدث في الغلاف الجوي.وهناك أنواع كثيرة من الظواهر الجوية ومع هذا فأنه بناءا علـــي طبيعة الجسيمات أو العمليات الطبيعية الداخلة في حدوثها يمكن التمييز بين أربعة أنواع أساسـية من الظواهر الجوية وهي:

١- ظواهر جوية مائية   **٢ - ظواهر جوية غير مائية (صلبة)**

٣- ظواهر جوية ضوئية   **٤- ظواهر جوية كهربائية**

ولقد عرفت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية **World Meteorology Organization**

هذه الأنواع الأربعة من الظواهر الجوية في الأطلس الدولي للسحاب (الجزء الأول) كما يأتي:

<u>١- ظواهر جوية مائية Hydro-meteors:</u> تتكون الظواهر الجوية المائية من تجمـــع من الجسيمات المائية السائلة أو الصلبة الساقطة خلال الغلاف الجوي أو العالقة فيـــه , وتشـــمل الظواهر الجوية المائية الظواهر التالية:

- **الندي**   **Dew**
- **الصقيع**   **Frost**
- **الضباب بأنواعه المختلفة**   **Fog**
- **الشبورة**   **Mist**

- الهطول بأشكاله المختلفة Precipitation
- شاهقة مائية Water Spout

٢- **ظواهر جوية غير مائية (صلبة) Litho-meteors:** تتكون الظواهر الجوية الغير المائية من تجمع من الجسيمات غالبيتها العظمي صلبة وغير مائية وتكون الجسيمات عالقة تقريبا في الهواء أو مرفوعة من سطح الأرض بواسطة الرياح وتشمل الظواهر الجوية الغير المائية الظواهر التالية:

- دخان Smoke
- عجاج Haze
- رمال مثارة Sand-rising
- أتربة مثارة Dust-rising
- عواصف رملية Sandstorms
- عواصف ترابية Dust-storms

٣- **ظواهر جوية ضوئية Photo-meteors:** الظواهر الجوية الضوئية هي ظواهر مضيئة ناتجة عن حدوث انعكاس أو انكسار أو حيود أو تداخل للضوء القادم من الشمس أو القمر وتشمل الظواهر الجوية الضوئية الظواهر التالية:

- هالة شمسية Solar halo
- هالة قمرية Lunar Halo
- إكليل شمسي Solar Corona
- إكليل قمري Lunar Corona

- قوس قزح Rain Bow

٤- **ظواهر جوية كهربائية Electro- Meteors:** الظاهرة الجوية الكهربائية هي تفريغ كهربائي يحدث في الغلاف الجوي ذات مظهر مسموع يسمي الرعد **Thunder** ومظهر مرئي يسمي البرق **Lighting** وهذه الظاهرة تسمي العواصف الرعدية **Thunderstorms**

وشكل ٤٨ يوضح تصنيف الظواهر الجوية المختلفة علما بأن الظواهر الجوية الموجودة باللون الأحمر هي ظواهر جوية تصاحب عدم الاستقرار بالغلاف الجوي بينما الظواهر الموضحة باللون الأسود هي ظواهر تصاحب الاستقرار بالغلاف الجوي. **وفيما يلي وصف مختصر للظواهر الجوية المائية والظواهر الجوية الكهربائية**

الظواهر الجوية المائية Hydro-meteors: وتشمل:

أ – الندى Dew: هو قطرات من الماء تترسب علي الأجسام الموجودة عند سطح الأرض أو بالقرب منها (الأسطح المعدنية وأوراق الشجر) (ش ٤٩) وتكون درجة الحرارة أكبر من الصفر المئوي. ويتكون الندي في الأحوال الآتية:

- عندما تبرد الأسطح المعرضة لدرجة حرارة أقل من درجة حرارة نقطة الندي للهواء المحيط بها ويرجع هذا التبريد عادة إلي فقدانها للحرارة بالإشعاع أثناء الليل ويترسب الندي بصفة خاصة علي الأجسام الموجودة عند سطح الأرض أو بالقرب منه.
- عندما يتحرك الهواء الدافئ الرطب ويلامس سطحا أبرد منه بحيث تكون درجة حرارة هذا السطح أقل من درجة حرارة نقطة الندي للهواء ويحدث هذا عامة كنتيجة للانتقال الأفقي للهواء.

ب – الصقيع Frost: عندما يتكثف بخار الماء علي شكل بلورات ثلج علي سطح الأرض والأسطح الباردة وتكون درجة الحرارة أقل من الصفر المئوي (ش ٥٠)

ج - الضـــــــــباب Fog: هو إحدى صور تكثف بخار الماء في الجو على شكل قطرات ماء في طبقة تلامس قاعدتها سطح الأرض وتقل بسببها الرؤية الأفقية إلى أقل من ١ كم وتكون الرطوبة النسبية ١٠٠%. وغالبا ما يمكن رؤية القطرات المفردة من الضباب بالعين المجـــردة إذا ما تعرضت لإضاءة كافية وفي هذه الحالة غالبا ما تشاهد متحركة بطريقة غير انسيابية.

أنواع الضبــــاب:

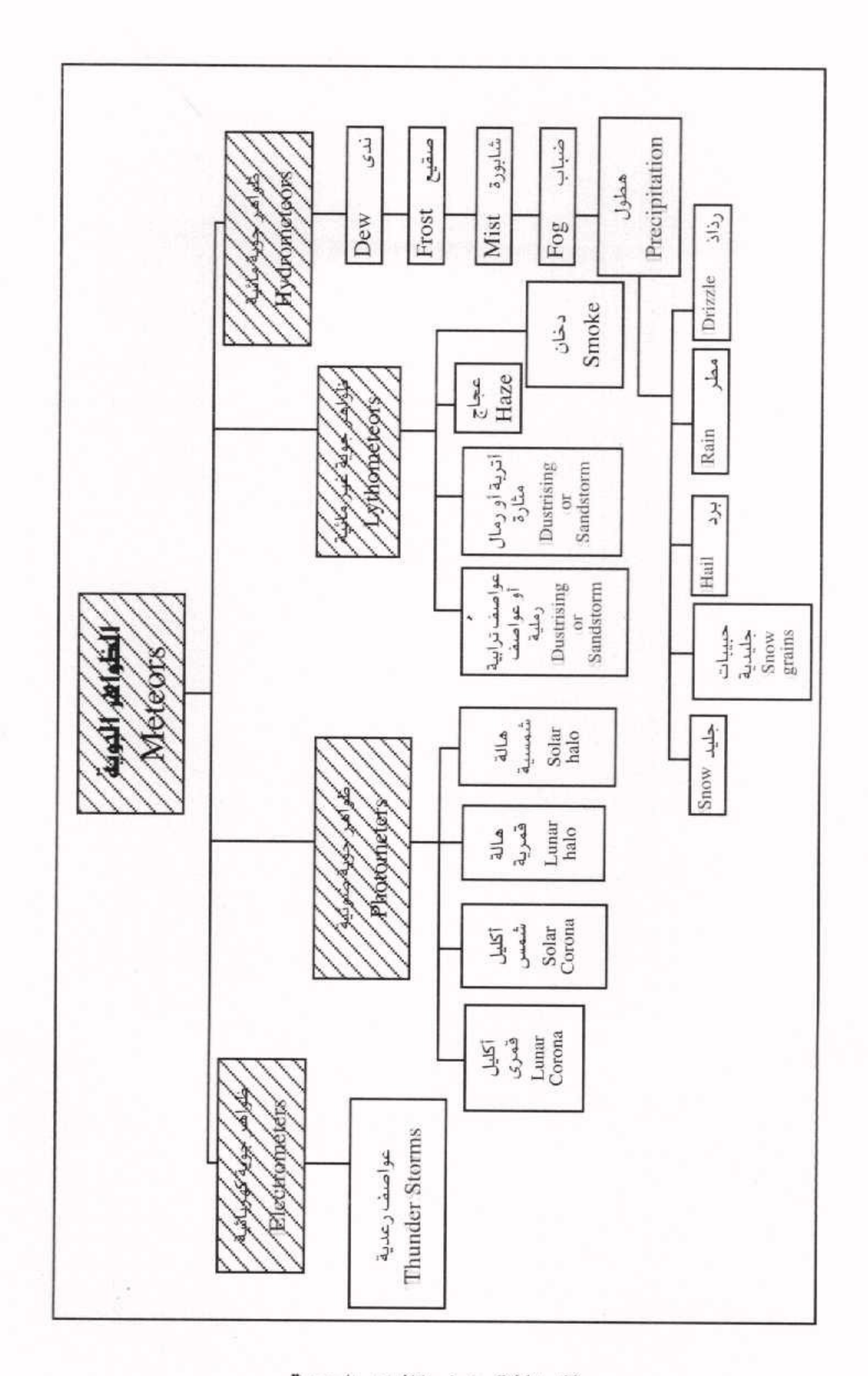
١. **ضباب الإشعاع Radiation Fog** : يحدث ضباب الإشعاع ليلا فـوق الأرض عندمـا تفقد الأرض حرارتها بالإشعاع وتبرد و بالتالي يبرد الهواء الملامس لها وفى حالة توافـــر بخار الماء ووصول درجة حرارةِ الهواء إلى نقطة الندى أو دونها يتكون ضباب الإشـــعاع (ش ٥١).

٢. **ضباب الانتقال الأفقي Advection Fog**: ويحدث عندما يهب هواء ساخن ورطـــب على سطح أرض أو بحر شديد البرودة وهو على عكس ضباب البحر الـذي يحتـاج فـــي تكوينه للرياح الساكنة. ومن المعروف أن ضباب الانتقال الأفقي يكون مصحوبا برياح قوية وخصوصا الهواء المدارى البحري المتجه إلى خطوط العرض المتوسطة في فصل الشتاء.

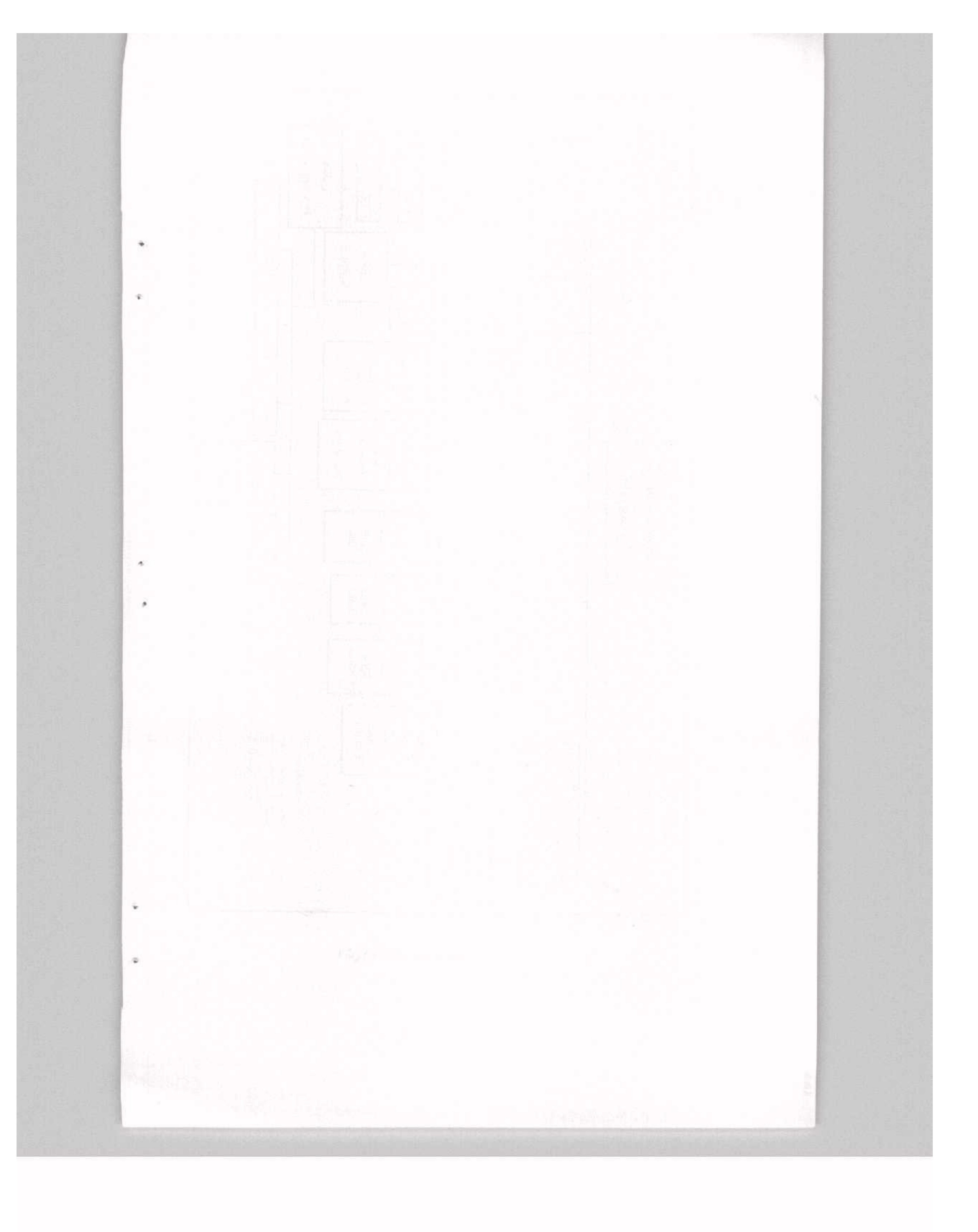
٣. **ضباب البحر Sea Fog**: يتكون ضباب البحر عندما يمر هواء ساخن ورطـــب علـــى سطح بحر بارد درجة حرارته أقل من نقطة الندى للهواء الساخن. ويمكن التنبؤ بضبـــاب البحر وذلك بمقارنة درجة حرارة البحر مع درجة حرارة الهواء فإذا كانت درجة حـــرارة الهواء أعلى من درجة حرارة البحر يحدث ضباب البحر (ش ٥٢).

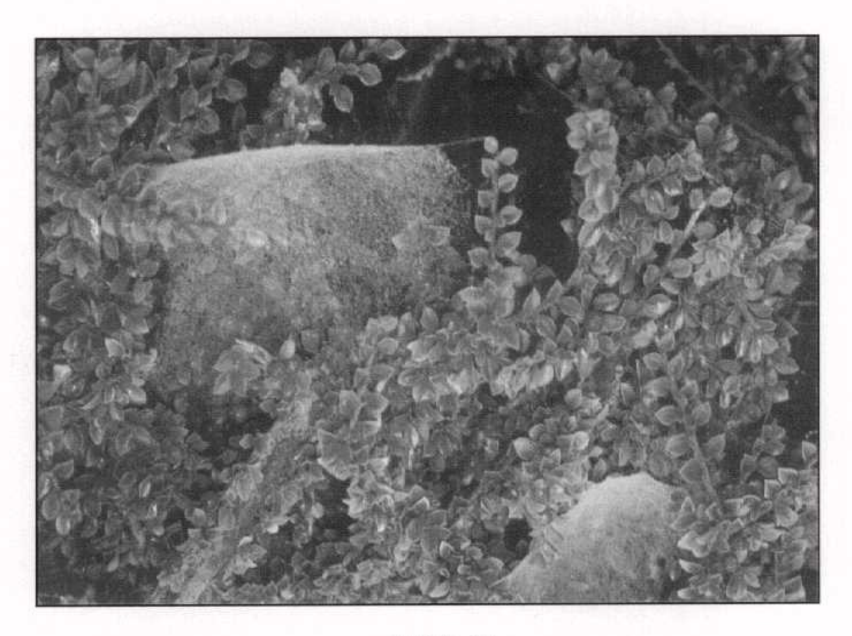
٤. **دخان البحر Sea Smoke**: يتكون عندما يهب تيار هوائي بارد على مسطح بحـــري ساخن فيتكون دخان البحر (ش ٥٣).

٥. **الضباب الجبهي Frontal Fog**: يتكون في مقدمة الجبهة الدافئة عندما تكون درجـــة حرارة طبقة الهواء تحت سطح الجبهة أقل من درجة حرارة الأمطار الساقطة المصحوبـــة ببخار الماء الذي يتكثف ويسبب الضباب.

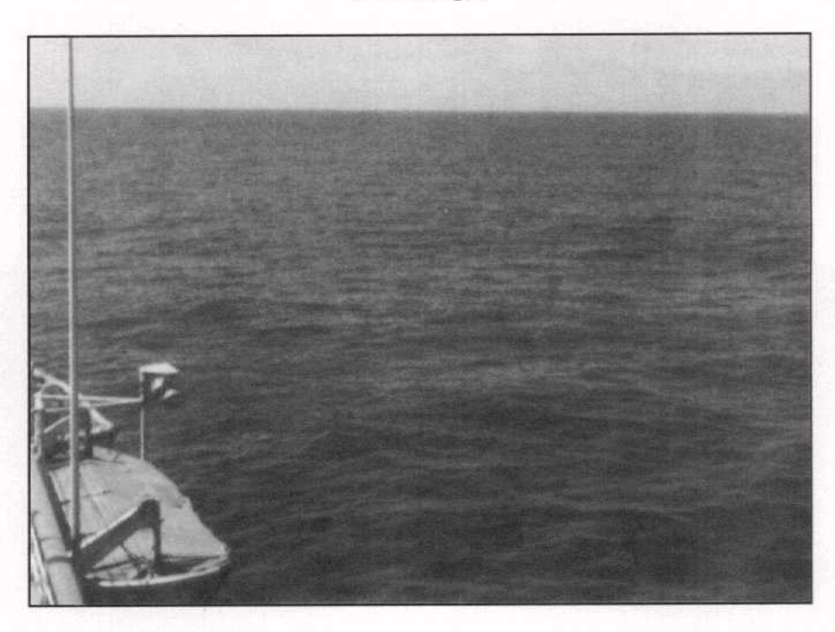


(ش ٤٨) تصنيف الظواهر الجوية

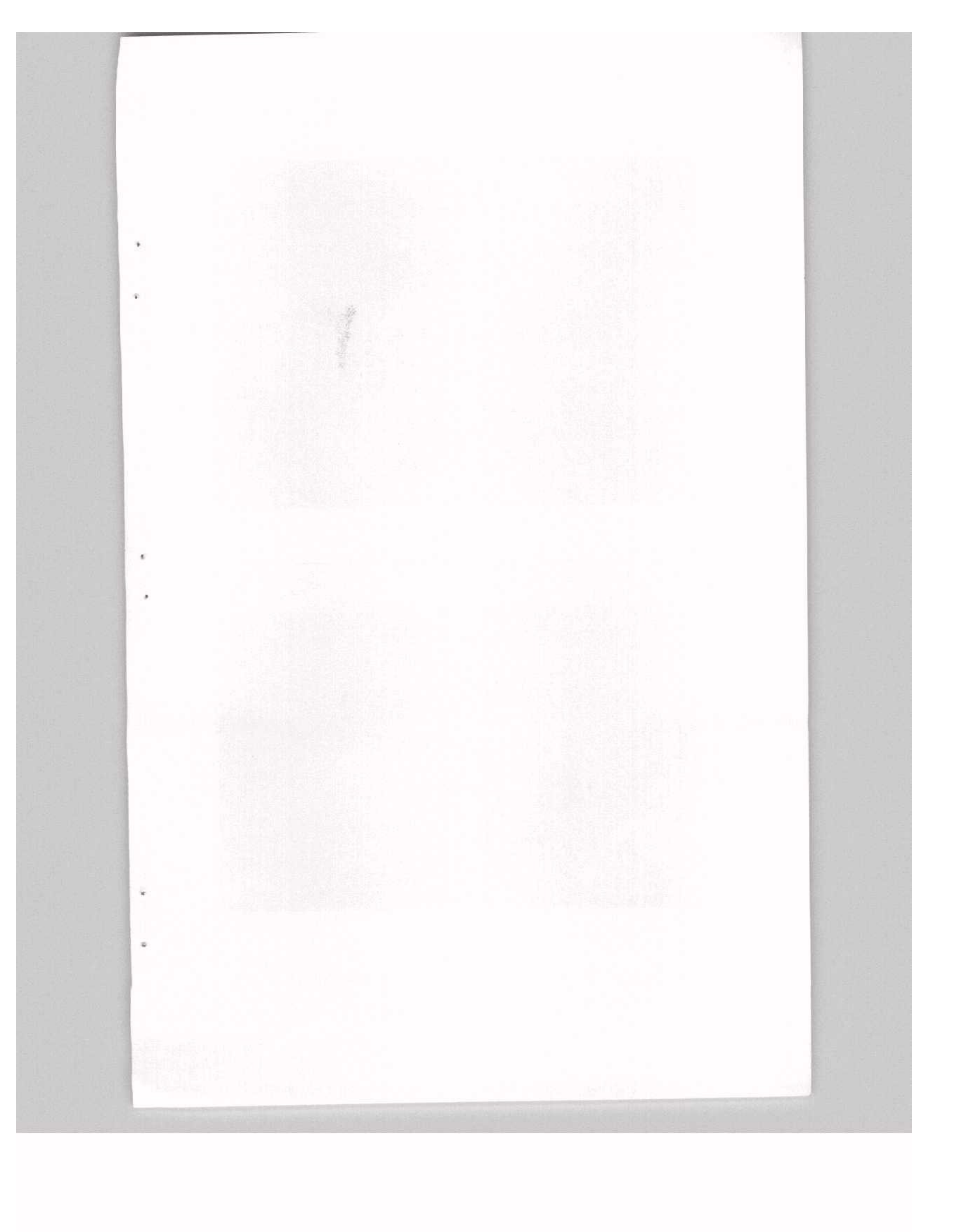




(ش ٤٩) الندى

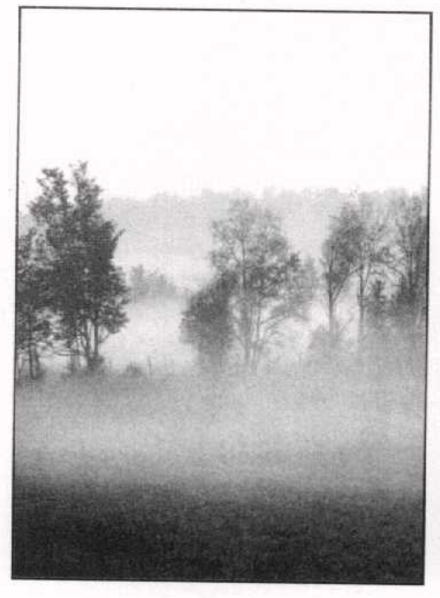


(ش ٥٠) الصقيع

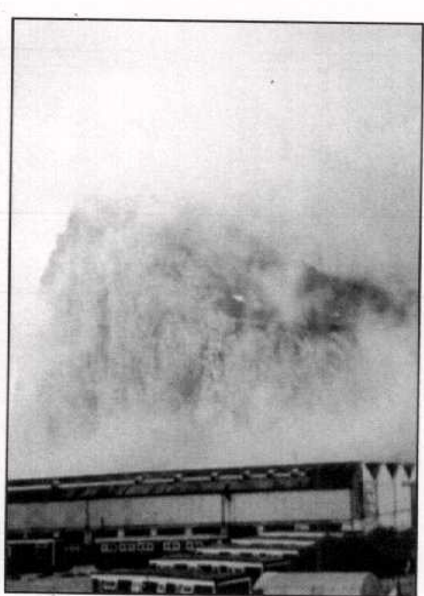




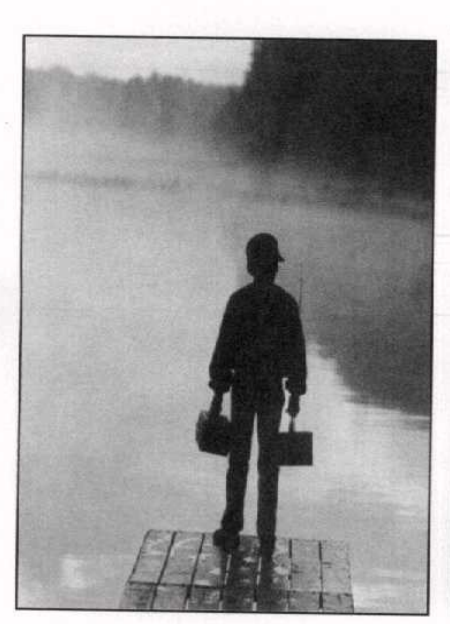
(ش ٥١) ضباب الإشعاع



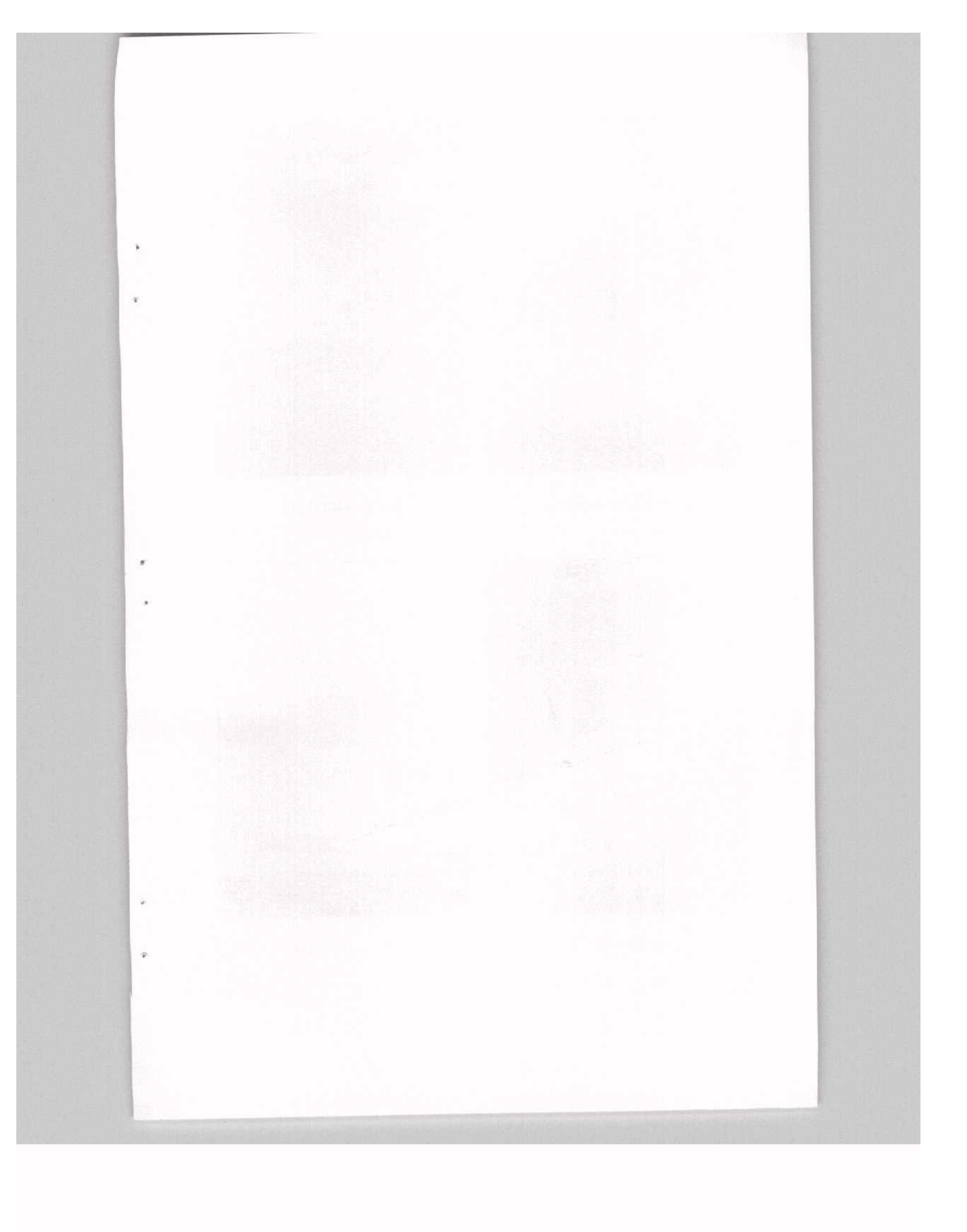
(ش ٥٢) ضباب الإنتقال الافقي



(ش ٥٣) ضباب البحر



(ش ٥٤) دخان البحر



والضباب نادرا أن يحدث في المناطق المدارية وبعد المدارية في المحيط لأن الظروف الضرورية لانتقال الهواء الساخن الرطب بالنسبة لدرجة حرارة سطح البحر غير متوافرة في هذه المناطق. **والمناطق التي يحدث فيها الضباب بكثرة في المحيطات هي:**

- نيوزولاندا (في الصيف)
- شمال غرب المحيط الهادي (في الصيف) وتقل فرصة حدوثه في الشتاء
- سواحل كاليفورنيا (من شهر يونيو إلي شهر أكتوبر)
- سواحل بيرو (من يناير إلي أبريل)
- الساحل الجنوب الشرقي لأمريكا (أغلب أيام السنة)
- بحر البلطيق (يناير)
- المناطق القطبية في الصيف

طرق تلاشي الضباب:

١. التسخين بواسطة أشعة الشمس.
٢. زيادة سرعة الرياح.
٣. التسخين بواسطة الهواء الهابط.
٤. تغير اتجاه الرياح وهبوبها من منبع جديد.

د – الشبورة Mist: هي قطرات ماء عالقة في الهواء لا تر بالعين المجردة أو جسيمات مبللة لها قابلية لامتصاص الماء وهي إحدى صور تكثف بخار الماء في الجو عندما يتكثف بخار الماء على شكل قطرات في طبقة تلامس قاعدتها سطح الأرض وتكون الرؤية أكبر من ١ كم والرطوبة النسبية في حدود ٨٥%.

ثالثا : الهطول: الهطول هو مصطلح يطلق على جميع أنواع المكونات المائية الساقطة من السحب مثل المطر، الثلج، البرد، الثلج المتجمع ومشتقاته. والهطول هو نهاية دورة حياة بخار الماء عندما لا يستطيع الهواء الصاعد أن يحمل مكونات السحابة فتسقط إلى الأرض

طرق تكون الهطول: يتكون الهطول عندما لا يستطيع الهواء الصاعد أن يحمل مكونات السحابة لازدياد حجم قطرات الماء أو بلورات الجليد. وتوجد ثلاث نظريات لتفسير أسباب الهطول وهى:

١-نظرية التجمع (تجميع قطرات الماء): عندما تصطدم قطرات الماء المختلفة الحجم والسرعة داخل السحابة تتحد مكونة قطرات كبيرة الحجم، وعندما يصل حجم قطرات الماء وكتلتها إلى درجة لا يستطيع الهواء الصاعد على حملها تأخذ في السقوط وأثناء سقوطها داخل السحابة فإنها تصطدم ببعض قطرات الماء الصغيرة التي تقابلها في الطريق ويكبر حجمها وتستمر في السقوط.

٢-يحدث الهطول نتيجة لتكثف قطرات الماء لوجود نويات تكثف عملاقة: مثل ملح الطعام ونظرا لكبر حجمها فإن هذه النويات تكون قطرات ماء داخل السحابة كبيرة الحجم لدرجة أنها تسقط أسرع من مكونات السحابة العادية.

٣-نظرية نمو بلورات الجليد: توجد داخل السحابة في درجات الحرارة ما بين– ١٢ °س ، – ٤٠° س قطرات ماء فوق مبردة بجانب بلورات جليد. وحيث أن ضغط بخار الماء المشبع لقطرات الماء المبردة أكبر من ضغط بخار الماء المشبع لبلورات الجليد (عند أي درجة حرارة أقل من ٠°س) لذلك يتبخر جزء من قطرات الماء فوق المبردة ويتكثف على بلورات الجليد فيكبر حجمها لدرجة لا يستطيع الهواء حملها فتأخذ في السقوط وأثناء سقوطها داخل السحابة تتحد مع قطرات الماء الصغيرة وبلورات الجليد فيزداد حجمها ويتكون الثلج أو الشرائح الثلجية. ولا يصل هذا الثلج بحالته المتجمدة إلى سطح الأرض إلا إذا كانت درجة حرارة الهواء الذي يسقط خلاله حتى سطح الأرض أقل من ٠°س.

أشكال الهطول: يسقط الهطول على عدة أشكال تتوقف على نوع السحب الساقط منها وعلى الحالة الجوية وتشمل الأشكال التالية:

١-هطول متواصل: يسقط بصفة متصلة خلال فترات لا يتوقف فيها عن السقوط، وهو يسقط من السحب الطبقية التكوين.

٢-هطول متقطع: يسقط بصفة متقطعة خلال فترة من الزمن يتوقف خلالها عن السقوط بعض الوقت ويسقط من السحب الطبقية التكوين.

٣-رخات من الهطول: يسقط فجأة وبشدة لفترة من الزمن يتوقف خلالها لبعض الوقت من السقوط وهي تسقط من السحب الركامية.

أنواع الهطول: يمكن تمييز أنواع الهطول بالرجوع إلى كتاب الأطلـــس الدولـــي للســحاب وكتب الظواهر الجوية المائية وأنواع الهطول هي:

١-**المطر Rain:** هطول مائي على هيئة قطرات مائية قطرها أكبر من ٠,٥ ملليمتر ، ويسقط المطر على شكل رخات من سحب الركام والركام المزني وفى حالات قليلة من سحب الركـــام الطبقي. ويسقط المطر على شكل متواصل أو متقطع من سحب الطبقي المتوسط السميك ومـــن المزني الطبقي. وعندما تتجمد قطرات المطر (عند درجة الحرارة تحـــت الصفـــر) فـــور اصطدامها بالأرض، أو الأجسام فوق سطح الأرض يتكون المطر المتجمد.

٢- **الرذاذ Drizzle:** هطول غير متواصل على شكل قطرات مائية دقيقة يقل قطرها عـــن ٠,٥ ملليمتر، ويسقط من سحب الطبقي. والرذاذ المتجمد هو رذاذ سائل درجة حرارته أقل مـــن الصفر ويتجمد فور اصطدامه بالأرض أو بالأجسام فوق سطح الأرض.

٣-**الجليـــــد Snow:** هطول من بلورات جليدية متفرقة تسقط أحيانا من ســحب الركـــام والركام المزني على شكل رخات، وقد يسقط على شكل هطول متواصل أو متقطع من ســـحب الطبقي المزني أو الطبقي المتوسط الكثيف وفى أحيان نادرة من الركام الطبقي.

٤- **كريات جليدية Snow pellets:** حبيبات من الجليد الأبيض الغير شفاف وهى إما كرويـــة أو مخروطية وقطرها حوالي ٢,٥ ملليمتر. وهى هشة وقد تتكسر عندمـــا تصطـــدم بســطح الأرض. وتسقط على شكل رخات من الركام والركام المزني وقد يسقط من الركام الطبقي.

٥- **حبيبات جليدية Snow grains:** حبيبات من الجليد الأبيض غير الشفاف سطحية الشكل أو مستطيلة وقطرها أقل من ١ ملليمتر وعندما تصطدم بسطح الأرض فإنـــها لا تتكســـر وتســقط بكميات صغيرة جدا، أغلبها من السحاب الطبقي.

٦- **كريات ثلجية Ice pellets:** جسيمات كروية أو غير منتظمة من الثلج الشفاف يقل قطرها عن ٥ ملليمتر وتسقط على شكل رخات من سحب الركام المزني أو على شكل هطول متقطع أو مستمر من المزني الطبقي أو الطبقي المتوسط.

٧- **منشورات ثلجية Ice prisms:** عبارة عن بلورات ثلج تسقط على شكل إبر أو صفائح أو رقائق وغالبا ما تكون رقيقة لدرجة أنه يظهر أنها عالقة في الجو وتسقط من سحاب الركام الطبقي.

٨- **البرد Hail:** هطول من كرات أو قطع من الثلج يتراوح قطرها من ٥ ملليمتر إلى ٥٠ ملليمتر (كرات البرد). وقد يزداد القطر عن ذلك ويتكون البرد من طبقات متبادلة من الجليد الشفاف والغير شفاف سمك كل طبقة على الأقل ١ ملليمتر ويسقط البرد من سحب الركام المزني على شكل رخات ويصاحبه عموما العواصف الرعدية.

والجدول التالي يوضح أنواع الهطول المصاحب لسلالات السحب المختلفة:

Cb	Cu	St	Sc	Ns	As	**أنواع الهطول**
X	X		X	X	X	**مطر**
		X				**رذاذ**
X	X		X	X	X	**جليد**
X	X		X			**كريات جليدية**
		X				**حبيبات جليدية**
X				X	X	**كريات ثلجية**
			X			**منشورات ثلجية**
X						**البرد**

<u>الظواهر الجوية الكهربائية Electro-meteors:</u> وتشمل:

<u>العواصف الرعدية Thunderstorms:</u> العاصفة الرعدية (ش ٥٥) هي ظاهرة كهربائية عبارة عن برق مصحوب برعد يحدث نتيجة التفريغ الكهربائي داخل سحب الركام المزني (Cb) أو بين كتلة وأخرى من سحب الركام المزني وغالبا ما يصاحب العواصف الرعدية هطول من الذي يسقط على شكل رخات. والبرق هو الظاهرة الجوية التي تدل على حدوث التفريغ الكهربي المصاحب للعواصف الرعدية وهو ضوء براق شديد اللمعان يظهر فجأة في السماء أما الرعد فهو الظاهرة الجوية التي تصاحب البرق وهو الهدير الحاد المفاجئ الذي

يحدث نتيجة لهذا التفريغ. هذا وقد يحدث في بعض الحالات رؤية البرق دون سماع صوت الرعد المصاحب له لبعد العواصف الرعدية ، ولا تحدث العاصفة الرعدية في داخل سحابة الركام المزني إلا عندما تكون هذه السحابة في عنفوان نضجها واكتمالها حيث تكون مصحوبة بالتيارات الهوائية الصاعدة والتيارات الهوائية الهابطة العنيفة وهطول المطر والبرد وحدوث البرق والرعد وقد تظهر في مقدمة السحابة جزء أسطواني نتيجة الدوامات الهوائية الشديدة وتكون بمثابة إنذار بشدة العاصفة الرعدية.

العوامل الأساسية لتكون العواصف الرعدية:

١- وجود عدم الاستقرار وامتداده لارتفاع يسمح بتكوين سحب الركام المزني (Cb) ووصول درجة الحرارة إلى أقل من درجة الصفر المئوي وبالتالي تتوافر بلورات ثلجية في الجزء العلوي من هذه السحب .

٢- وجود كميات كافية من بخار الماء.

٣- وجود القوة الدافعة التي تجعل الهواء يبدأ في الصعود إلى أعلا.

أنواع العواصف الرعدية:

أ - عواصف رعدية حرارية أو العواصف الرعدية المصاحبة للكتل الهوائية: وتتكون هذه العواصف عندما تتكون تيارات الحمل الناتجة عن التسخين الغير متساوي لسطح الأرض، أو التيارات الصاعدة الناتجة عن مرور هواء بارد فوق أرض ساخنة. وتتميز السحب الرعدية في هذه الحالة بأنها تكون علي شكل كتل منعزلة عن بعضها البعض وهذا النوع من العواصف الرعدية تبلغ ذروة نشاطها فوق اليابسة بعد الظهر وتقل ليلا ولكنها تنشط فوق البحار ليلا.

ب - العواصف الرعدية المصاحبة للجبهات: تتكون هذه العواصف نتيجة ارتفاع الهواء الساخن الرطب فوق سطح الجبهة البادرة أو المتحدة وتتميز سحب هذا النوع من العواصف بأنها تتكون من عدد كبير من السحب الرعدية المتجاورة الممتدة علي طول الجبهة.

جـ- العواصف الرعدية المصاحبة للتضاريس: تتكون هذه العواصف نتيجة لصعود الهواء الساخن الرطب في جو له درجة عالية من عدم الاستقرار على أسطح المرتفعات مثل الجبال

والهضاب ويتميز هذا النوع من العواصف الرعدية بشدة خطورتها نتيجة لشدة التيارات الهوائية الصاعدة بها.

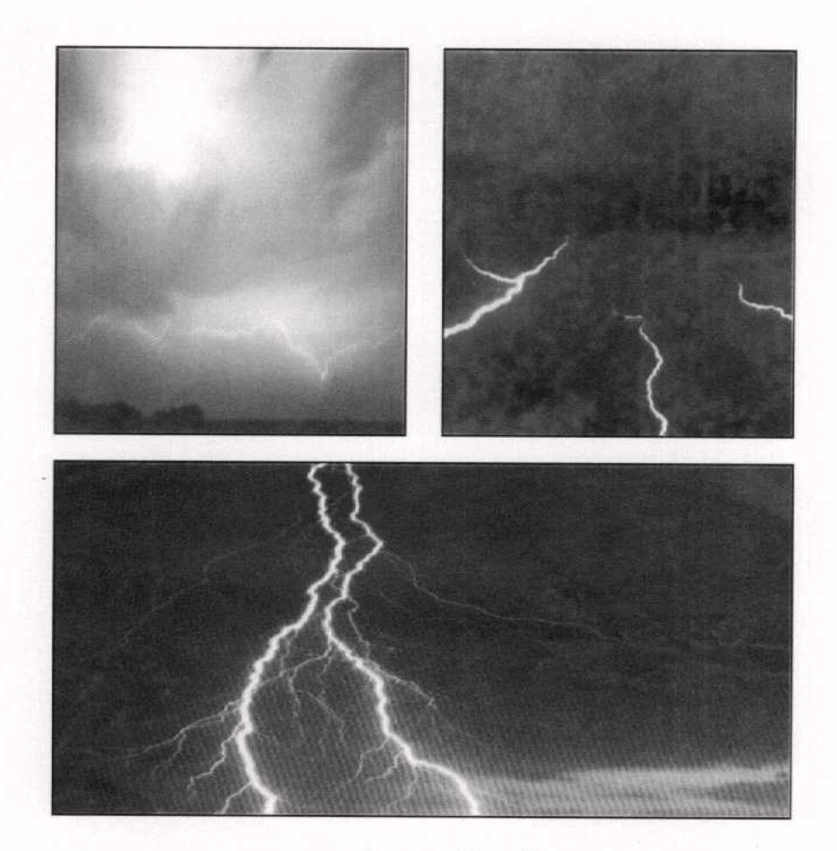
تأثير العواصف الرعدية على الرياح السطحية والضغط الجوي: عند اقتراب العواصف الرعدية من أي مكان تنشط الرياح السطحية وتهب في اتجاه العاصفة وعند وصول العاصفة فوق المكان تغير الرياح فجأة اتجاهها في اتجاه عكس الاتجاه الأول وتصاحبها هبات تزداد تحت السحابة وتثير الرياح العواصف الرملية المؤقتة ويصاحب اقتراب العاصفة الرعدية هبوط سريع مستمر في الضغط الجوى حيث إذا مرت العاصفة الرعدية وبعدت يبدأ الضغط الجوى في الارتفاع.

مراحل تكون العواصف الرعدية: يمكن تقسيم مراحل تكون العواصف الرعدية إلي ثلاث مراحل (ش ٥٦) هي:

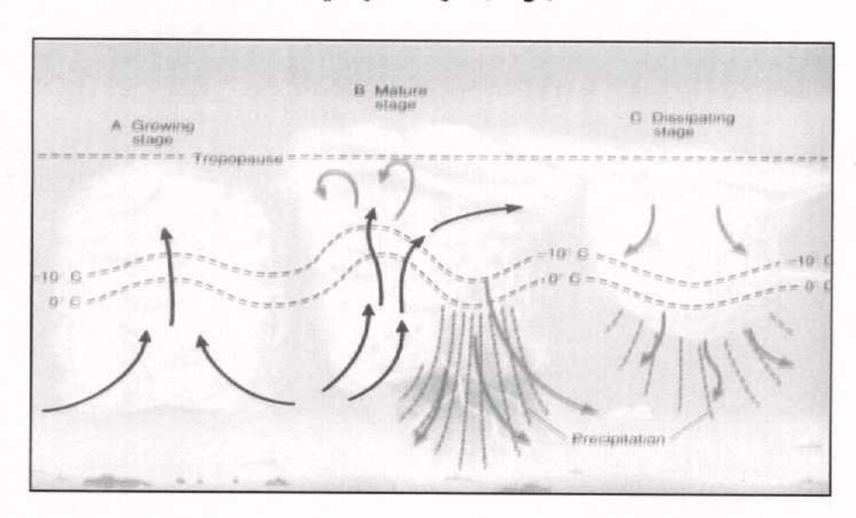
١-مرحلة النمو: تبدأ السحب في التكوين نتيجة لصعود التيارات الهوائية الصاعدة إلى أعلا في جو غير مستقر لارتفاع كبير مكونة سحب ركامية وتتميز هذه المرحلة بوجود تيار صاعد في السحابة قد تصل سرعته إلى حوالي ٨ عقدة مع وجود تيارات جانبية على جوانب السحابة من أسفل السحابة إلى قمتها.

٢- مرحلة النضج: يستمر التيار الصاعد إلي أعلا وتستمر عملية التكثف مكونة قطرات الماء أو بلورات الجليد وتبقى معلقة في الهواء الصاعد حتى يصبح وزنها أكبر من أن يحمله التيار الهوائي الصاعد فتسقط ساحبة الهواء معها إلى أسفل ، وينشأ عن ذلك تيار هوائي هابط ينزل خلال السحابة من خلال قاعدتها وتتميز هذه المرحلة بوجود تيار هوائي صاعد وتيار هوائي هابط .

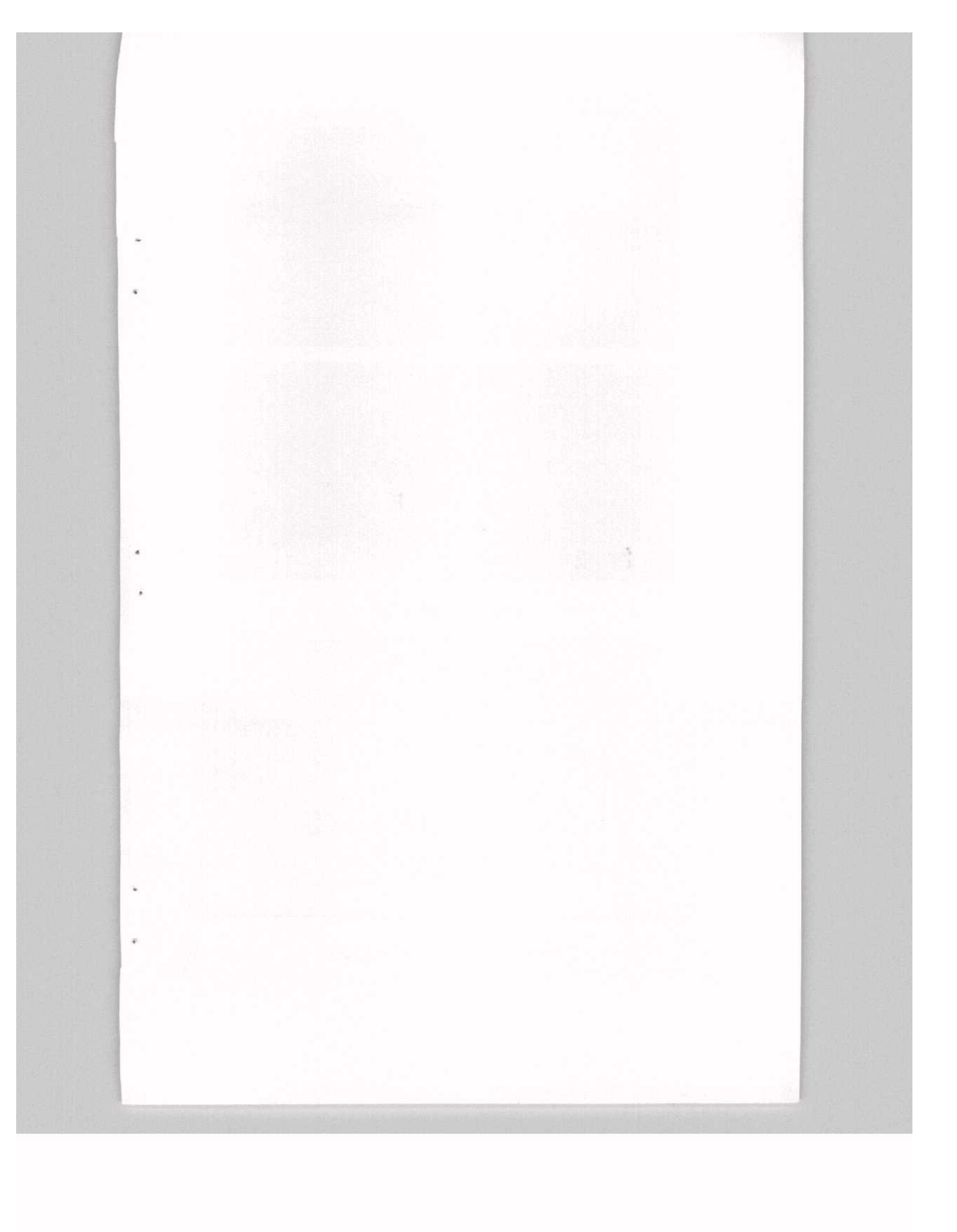
٣- مرحلة الاضمحلال: تحدث هذه المرحلة عندما تصبح التيارات الهوائية الصاعدة هامشية بالنسبة للتيارات الهوائية الهابطة.



(ش ٥٥) العواصف الرعدية



(ش ٥٦) مراحل تكوين العواصف الرعدية



توزيع الشحنات الكهربائية داخل سحابة رعدية:

من المعروف أن السطح الخارجي لقطرات الماء يكون محملا بشحنات كهربائية سالبة والطبقة التي اسفل السطح الخارجي للقطرات مباشرة تكون محملة بشحنات كهربائية موجبة وخلال العواصف الرعدية الشديدة فإن قوى الاحتكاك تزيل الطبقة الخارجية لقطرات الماء وبذلك يحدث فصل للشحنات ولقد أوضحت الدراسات والأبحاث أن توزيع الشحنات الكهربائية داخل السحب الرعدية يكون كما يلي (شكل ٥٧ – أ) :

أ - منطقة شحنات موجبة عند قمة السحابة.

ب - تتركز الشحنات السالبة في منطقة مركز السحابة. كذلك أسفل منطقة الشحنات السالبة غالبا ما يوجد منطقة محدودة من الشحنات الموجبة.

وعندما يصل فرق الجهد الكهربي بين سحابتين متجاورتين أو بين السحابة والأرض أو بين أجزاء السحابة الواحدة إلى قيمة معينة يحدث تفريغ كهربائي (البرق) أما الرعد فهو الصوت الناتج عن التفريغ الكهربائي ، وحيث أن البرق يسير بسرعة الضوء والرعد يسير بسرعة الصوت ، لذلك يشاهد البرق أولا ثم يسمع الرعد بعد ذلك.

الطقس المصاحب للعواصف الرعدية:

عندما يبدأ الهطول داخل سحابة الركام المزني في التجمع والسقوط ، تتكون التيارات الهابطة نتيجة لسقوط الأعداد الكبيرة من جزئيات المطر خلال الهواء. وهذا الهواء الهابط تكون درجة حرارته أقل من درجة حرارة الوسط المحيط لأن الهواء الهابط في هذه الحالة يسخن بمعدل تزايد حراري ذاتي مشبع في حين يكون التزايد الحراري للوسط المحيط أكبر قليلا عن معدل التزايد الحراري المشبع.

وعموما فإن التغيرات في الطقس عند اقتراب عاصفة رعدية هي:

١- سحب داكنة من الركام المزني
٢- تدهور في ضوء النهار.
٣- سكون مفاجئ وعادة ما تكون الرؤية حسنة.
٤- ومضات من البرق.
٥- رعد (أحيانا لا يمكن سماعه نتيجة للانكسار).
٦- أنواء شديدة وعنيفة.

٧- رخات شديدة من المطر.

٨- رؤية سيئة للغاية خلال الرخات من المطر.

٩- زيادة غير منتظمة في الرطوبة النسبية قد تصل إلى ١٠٠% .

١٠- يصاحب العواصف الرعدية في معظم الأحوال سقوط البرد وشكل ٥٧ – ب يوضح صورة البرد المصاحب للعواصف الرعدية.

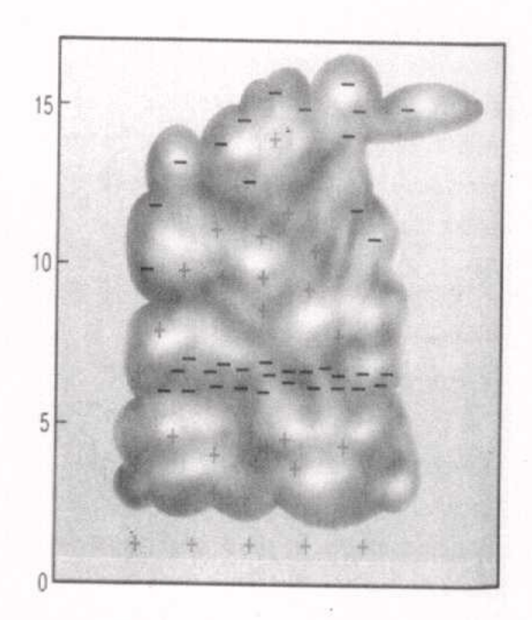
١١- انخفاض مفاجئ في درجة حرارة الهواء قد يصل إلى ١٠ س.

١٢- العواصف الرعدية قد تستمر من نصف ساعة إلى ساعة ولكن في المناطق المدارية قد تصل إلى ساعتين.

<u>تكون الترنادو بالقرب من سحب الركام المزني:</u>

الترنادو (ش ٥٨) عبارة عن منخفض جوي صغير جدا عنيف ذات رياح قوية دوارة مصحوبة بمحور رأسي ممتد إلى أسفل من قاعدة سحب الركام المزني وغالبا ما تصل إلى الأرض وقطرة يتراوح من عدة مئات من لأمتار إلى كيلو متر. سرعة الرياح حوله قد تصل إلى ٢٥٠ عقدة ويسير بسرعة ما بين ١٠ – ٣٠ عقدة ، وهذا يسبب دمارا للمنطقة التي يمر بها نتيجة للتيارات الهوائية الصاعدة العنيفة ، وهو لا يستمر في حركته إلى مسافات كبيرة ولكن يقطع مسافات صغيرة .

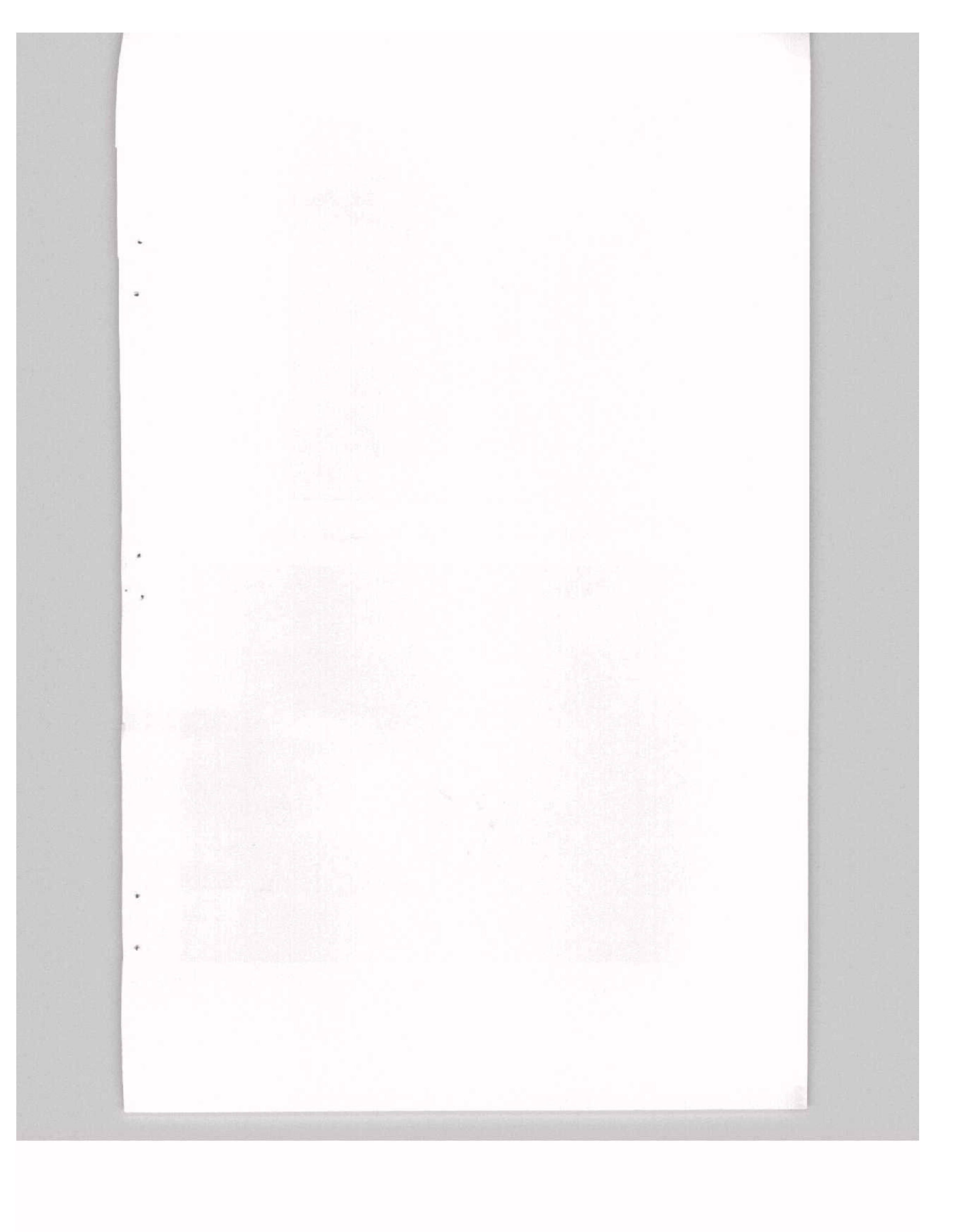
وتبدأ الحركة الأولى الدوامية الرأسية إلى أعلا والتي تسبب تكون الترنادو عندما تتقابل التيارات الهوائية الهابطة العنيفة المبتعدة من مركز السحابة الرعدية مع الهواء الأصلي في المنطقة ، ويكون أكبر تقارب لهما بالقرب من يمين مسار العاصفة الأصلية ، ولقد أوضحت الدراسات والبحوث والاستنتاجات أن الترنادو يميل إلى التكون على يمين مسار العاصفة الأم (سحابة الركام المزني القديمة) ، كما ينشأ نتيجة لذلك سحابة ركامية مزنية جديدة تكون مصاحبة للترنادو ويتدلى منها قمع إلى سطح الأرض ، وإذا حدث الترنادو فوق البحر يسمى بالشاهقة المائية (ش ٥٩) .

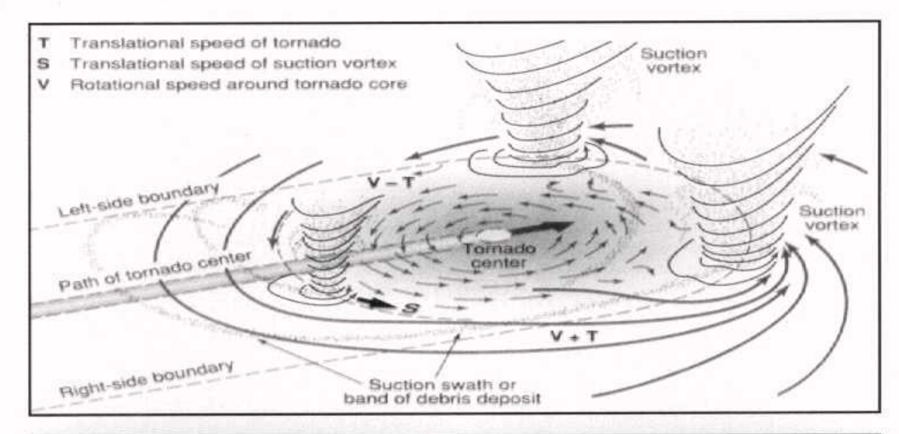


(ش ٥٧ ـ أ) توزيع الشحنات الكهربائية داخل السحابة الرعدية



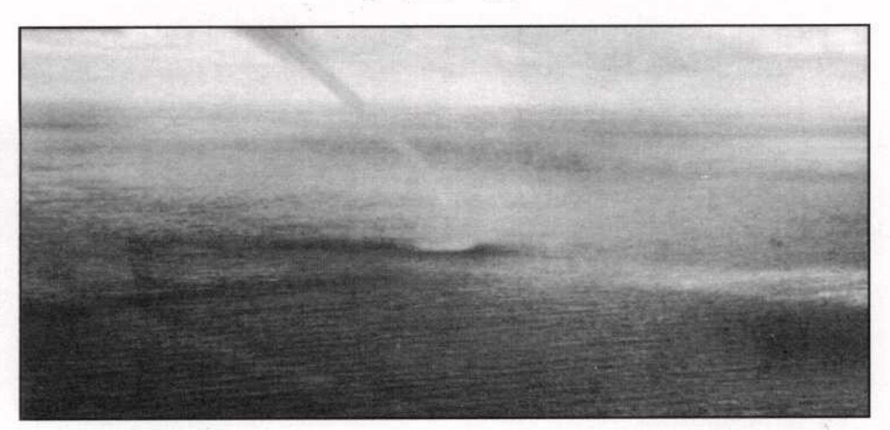
(ش ٥٧ ـ ب) البرد



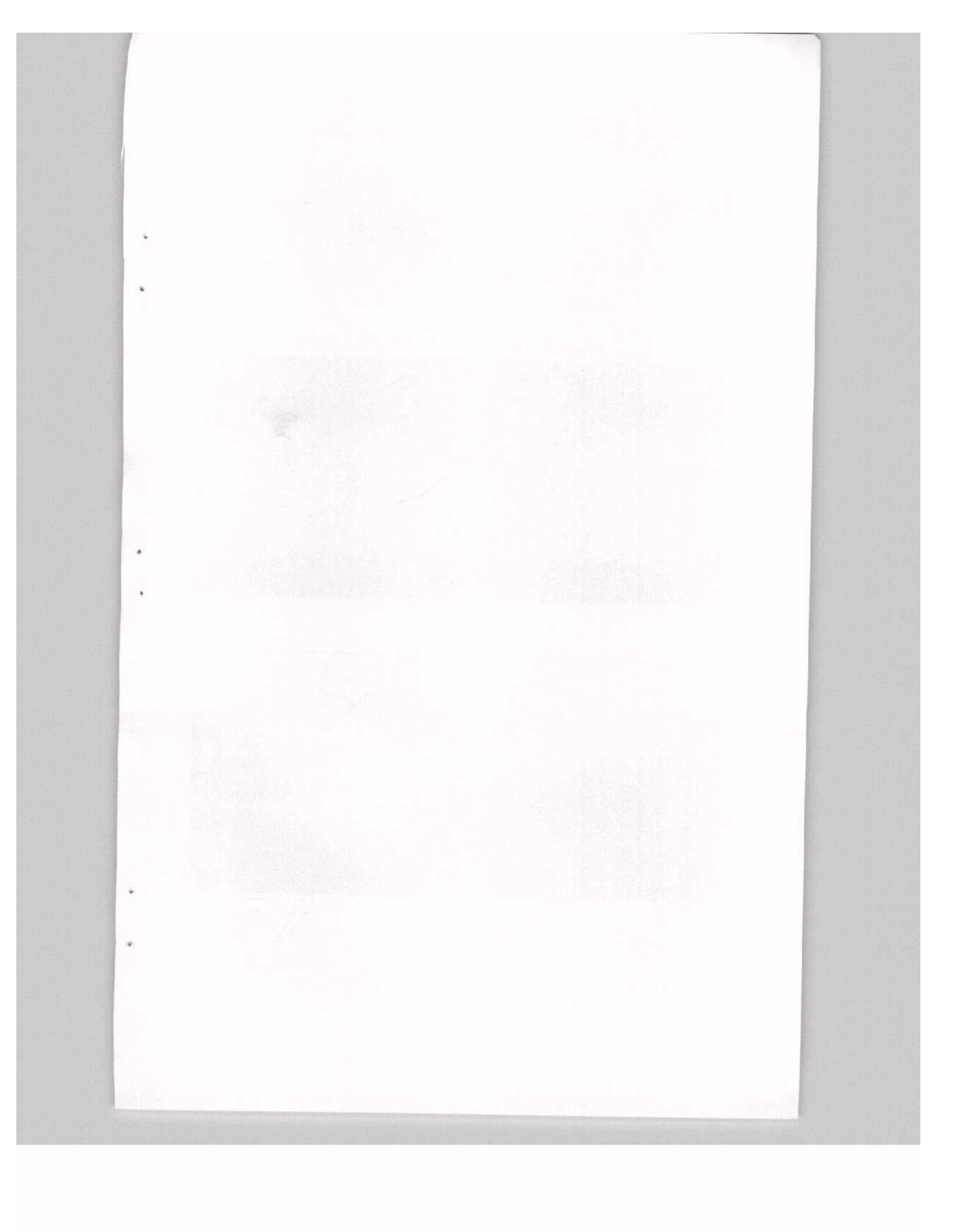




(ش ٥٨) الترنادو

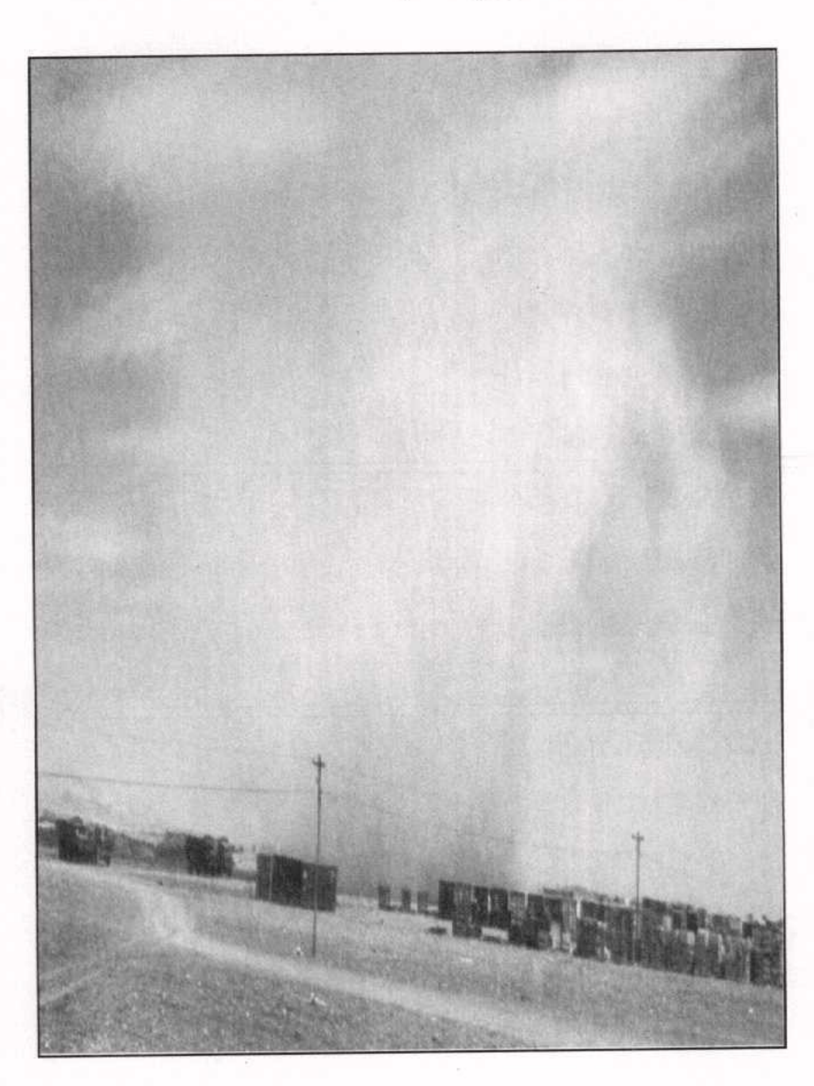


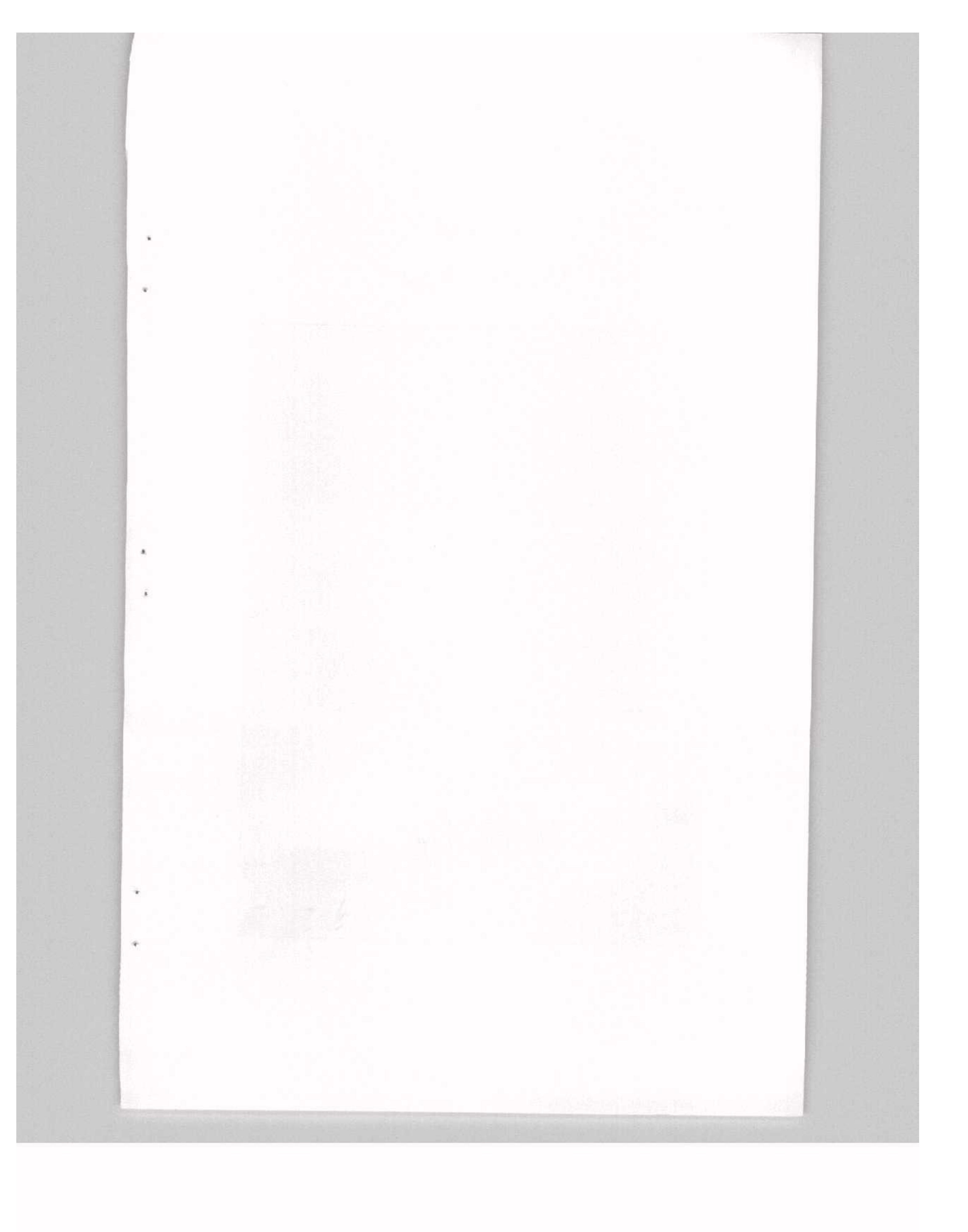
(ش ٥٩) الشاهقة المائية



الباب العاشر

الرؤية Visibility





الباب العاشر

الرؤية Visibility

في علم الأرصاد الجوية تشير الرؤية إلي شفافية الغلاف الجـــوي بالنسـبة لرؤيـة الإنسان ويعبر عنها علي أنها مسافة معينة. وللملاءمة تشير قيمة معينة للرؤية إلي نفس ظروف الغلاف الجوي سواء بالليل أو النهار. وتعرف الرؤية في الأرصاد الجوية أنها أكبر مسافة يمكن عندها رؤية وتمييز جسم أسود ذو أبعاد مناسبة وذلك بالنسبة لأفق السماء كخلفية للجسم ويجـب أن يصنع الجسم زاوية عند عين الراصد قدرها نصف درجة علي الأقل أفقيا ورأسيا وفي نفـس ويجب ألا يكون الجسم كبيرا في الاتجاه الأفقي إلي حد إنه يصنع زاوية أكبر من ٥ درجات.

مدي الرؤية الأفقية Horizontal Visibility:

يعرف مدي الرؤية الأفقية بأنه أقصي مدي يمكن لراصد عادي النظـــر أن يـري فــي الظروف العادية بالعين المجردة شاخصا معلوم البعد ذا مواصفات محددة.

ويتأثر مدي الرؤية الأفقية بالعوامل التالية:

١- طبيعة الشاخص. ٢- استضاءة الشاخص ٣- خلفية الشاخص

٢- شفافية الوسط بين الراصد والشاخص والتي تتأثر بتواجـد جسـيمات ذات أصـل مـائي كالضباب أو الشبورة أو الهطول بأنواعه أو رذاذ البحر الذي تحركه الرياح, أو مكونـات صلبة كالرمال أو الأتربة العالقة بالجو أو الدخان.

وتعريف الرؤية الأفقية السابق ذكره بعالية لا يمكن استعماله أثناء الليل وعليـه تعـرف الرؤية الأفقية بالليل علي إنها المسافة القصوى التي يمكن عندها رؤية وتمييز جسـم أسـود ذو

أبعاد مناسبة إذا رفعت شدة الإضاءة العامة إلي مستوي ضوء النهار العـــادي. عمليـا تكــون الشواخص الأكثر ملائمة لتحديد الرؤية ليلا هي أضواء غير مركزة وذات شدة مناسبة معلومة

العوامل التي تؤثر علي الرؤية الأفقية في البحر:

الهطول – الضباب – الشبورة – الرمال المثارة – العواصف الرملية – العجاج – أمـــلاح البحر – هبوب الرياح الشديدة فوق البحر والتي تسبب تطاير الرذاذ من ماء البحر

كيفية تقدير الرؤية الأفقية من علي ظهر السفن:

أولا: نهارا

١- بواسطة قياس زاوية ارتفاع أبعد غرض مرئي بوضوح وذلك باستخدام آلـــة الســدس ثـم حساب بعد هذا الغرض وبالتالي الحصول علي مدي الرؤية الأفقية.

٢- باستخدام الأغراض المرئية والاستعانة بالخرائط الملاحية لتحديد المسافات.

٣- بواسطة الرادار حيث يمكن تحديد مسافة أي غرض علي الساحل أو أي ســفينة بواسـطة الرادار.

ثانيا: ليلا

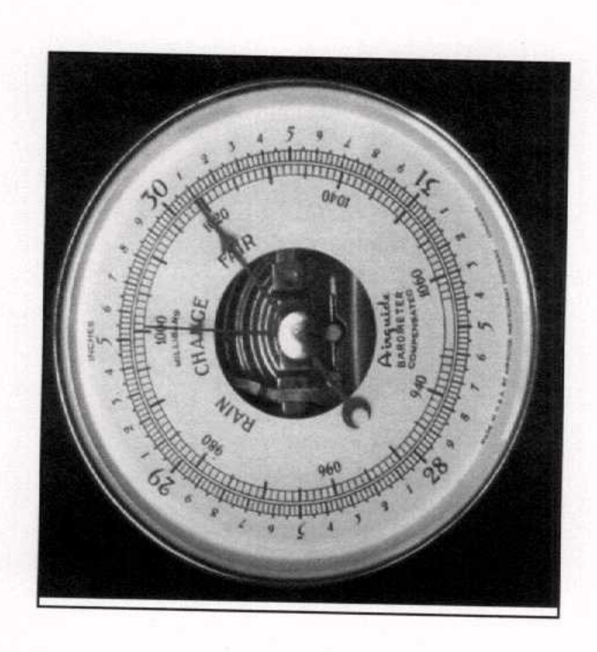
١- بمراقبة أنوار الساحل والسفن عن طريق إيجاد مسافة الساحل أو السفن بواسطة الخرائـــط والرادار ومراقبة أنوار الغرض لبيان إمكان رؤيته بالعين المجردة.

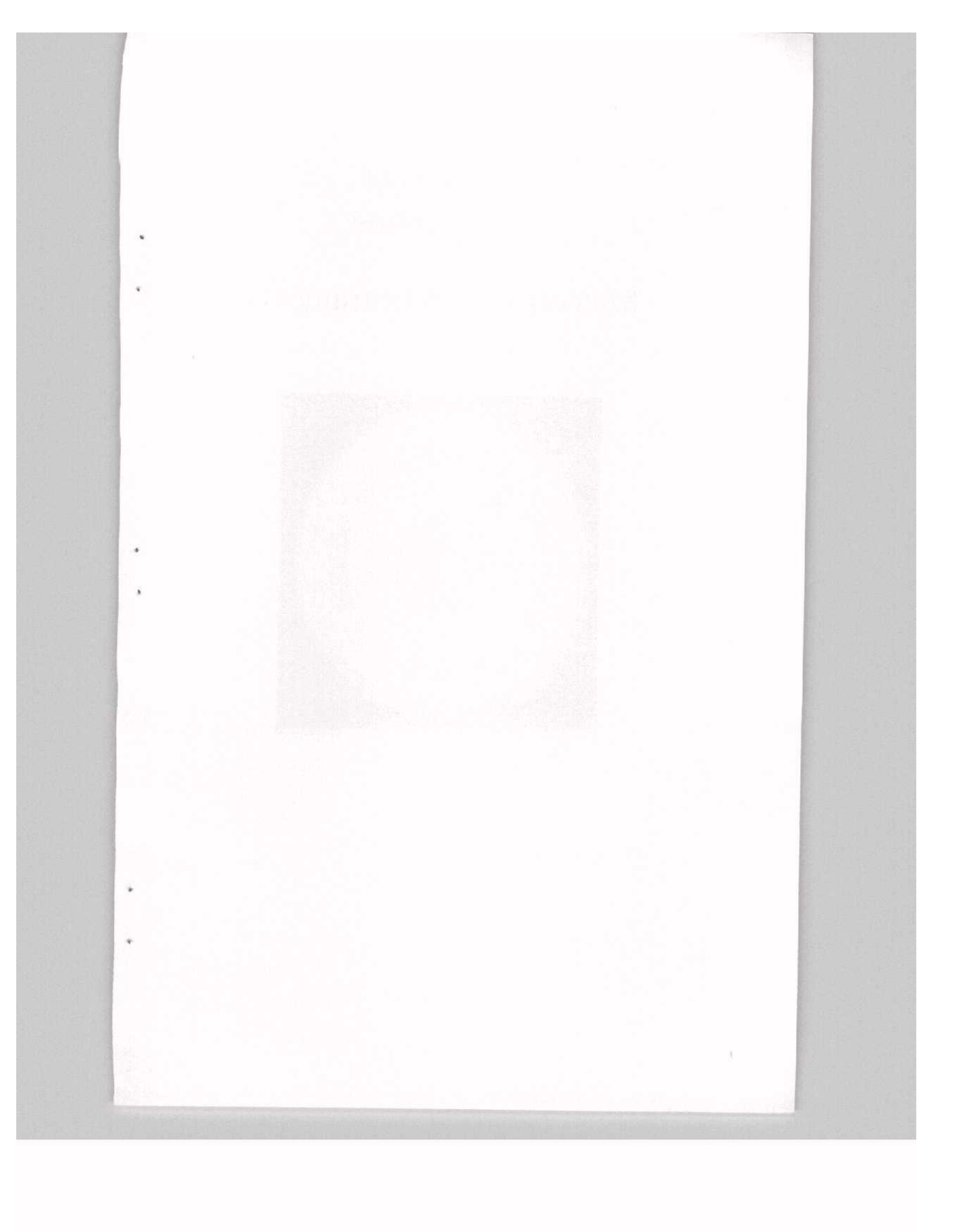
٢- بواسطة الرادار حيث يمكن تحديد مسافة أي غرض علي الساحل أو أي ســفينة بواسـطة الرادار ومراقبة أنوار الغرض لبيان إمكان رؤيته بالعين المجردة.

الباب الحادي عشر

أجهزة الرصد الجوي

Meteorological Instruments





الباب الحادي عشر

أجهزة الرصد الجوي

Meteorological Instruments

يتطلب التنبؤ بالأحوال الجوية ودراسة الغلاف الجوي تجميع وترتيب المعلومات عن العناصر الجوية ويتم استخدام أجهزة الرصد الجوي لرصد العناصر الجوية المختلفة وتتوقف العناصر الجوية التي ترصد علي الغرض المطلوب من هذه الرصدات وفي هذا الباب سيتم بصفة خاصة دراسة الأجهزة التي ستخدم في الرصد الجوي وخاصة المتوافرة بالسفن والناقلات.

الأنواع الأساسية لأجهزة الرصد الجوي: يمكن تقسيم أجهزة الرصد الجوي إلي نوعين أساسين هما:

- أجهزة عينية.
- أجهزة مسجلة.

والأجهزة العينية أكثر دقة ولكن لا يمكن معرفة العنصر الجوي إلا لحظة قراءتها فقط ولكن إذا أردنا الحصول علي قياسات في الأوقات الأخرى فلابد من استعمال أجهزة تعطي تسجيلا متصلا لهذه القياسات وهذه الأجهزة تسمي بالأجهزة المسجلة. ويمكن رفع دقة مستوي الجهاز المسجل بعمل معايرة له علي فترات منتظمة حيث تقارن قراءاته مع قراءات جهاز عيني دقيق يقيس نفس العنصر الجوي. وإذا اختلفت قيم القراءات بالجهاز المسجل فانه يجب تعديل الجهاز المسجل لكي يسجل القيمة الصحيحة للعنصر الجوي.

أجهزة قياس درجة حرارة الهواء :Air Temperature Instruments

درجة حرارة الجسم هي الحالة التي تحدد مقدرة الجسم علي انتقال الحرارة من أو إلي الأجسام الأخرى عند اتصالها به. ولقد أصبح قياس درجة حرارة الهواء بدقة أمرا ضروريا.

وتقاس درجة حرارة الهواء بواسطة الترمومتر الزئبقي العادي أو بواسطة مسجل درجة الحرارة والأجهزة التالية ستخدم لقياس درجة حرارة الهواء:

- **الترمومتر ذو الفقاعة الجافة Dry bulb Thermometer:**

هو ترمومتر زئبقي عادى.

- **الترمومتر ذو الفقاعة المبللة Wet bulb Thermometer:**

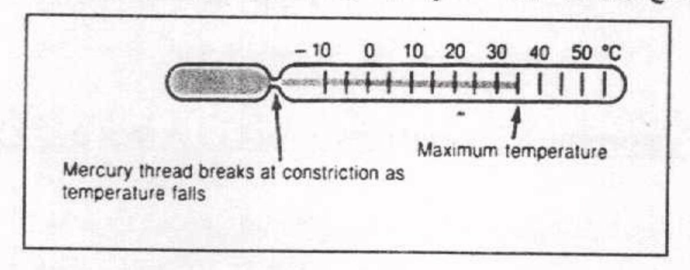
هو ترمومتر زئبقي عادي تغلف فقاعته بقطعة من الشاش متصلة بخيط من القطن مـدلاة في كأس من الماء المقطر لكي تغذى الشاش المحيط بالفقاعة وتجعله مبللا دائما.

وقراءة الترمومتر الجاف والترمومتر المبلل يتم استخدامهما لمعرفة الرطوبـة النسـبية وضغط بخار الماء ونقطة الندي وذلك بواسطة جداول خاصة تعرف بجداول الرطوبة.

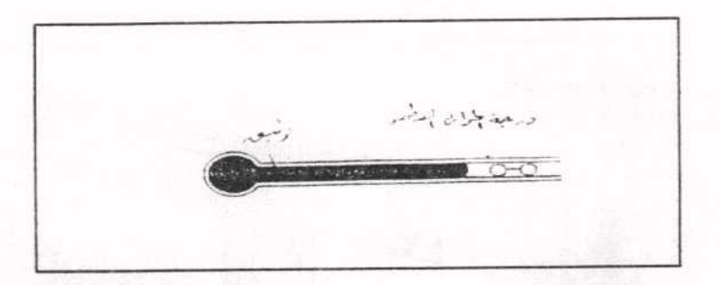
- **ترمومتر النهاية العظمى Maximum Thermometer:**

هو ترمومتر زئبقي يوجد به اختناق في أنبوبته الشعرية قبل مستودع الزئبق مباشرة ممـا يسمح للزئبق الموجود بالمستودع بالخروج إلى الأنبوبة الشعرية عند ارتفاع درجة الحـرارة ولا يسمح له بالرجوع إليه عند انخفاض درجة الحرارة وبذلك تدل قراءة الترمومـتر علـى أعلـى درجة حرارة وصل إليها الهواء. وبعد قراءة الحرارة العظمى يتم هز الترمومتر لإرجاع الزئبـق إلى المستودع استعدادا لأخذ قراءة جديدة (ش ٦٠) ويتم وضع ترمومتر النهاية العظمـي أفقيـا حتى لا يتأثر بالجاذبية الأرضية.

ويوجد نوع آخر(ش ٦١) لا يوجد به اختناق ولكن يوجد به دليل في نهاية عمود الزئبـق وعند تمدد الزئبق بارتفاع درجة الحرارة فإن الزئبق يدفع الدليل أمامه وعند انكمـاش الزئبـق بانخفاض درجة الحرارة يترك الزئبق الدليل في مكانه ويعود لمستودع الزئبق ويحـدد طـرف الدليل القريب من عمود الزئبق درجة حرارة الهواء العظمي وبعـد قـراءة درجـة الحـرارة العظمي يتم استخدام مغنطيس صغير لإعادة الدليل لنهاية عمود الزئبق استعدادا لأخـذ قـراءة جديدة. ويتم وضع ترمومتر النهاية العظمي أفقيا حتى لا يتأثر بالجاذبية الأرضية.



(ش ٦٠) ترمومتر النهاية العظمي ذو الاختناق

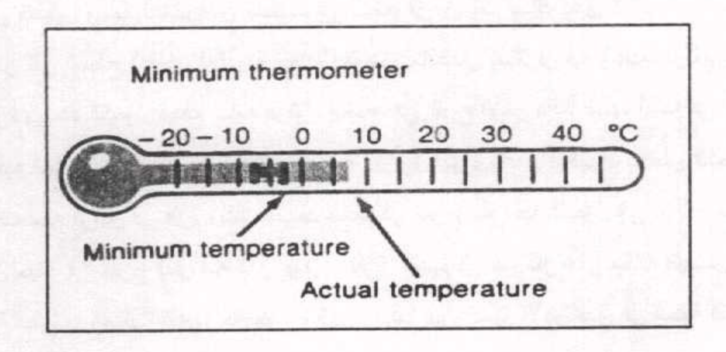


(ش ٦١) ترمومتر النهاية العظمي ذو الدليل

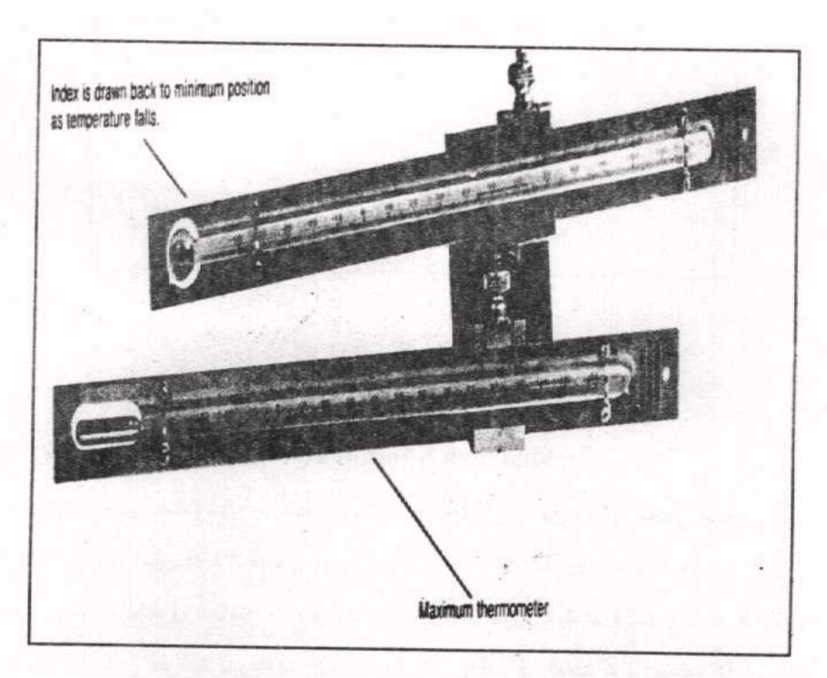
- ترمومتر النهاية الصغرى **Minimum Thermometer:**

هو ترمومتر مستودعه به كحول وبداخل الكحول في الساق مؤشر معدني ممغنط على شكل دبوس ذو رأسين فعند انخفاض درجة الحرارة وانكماش الكحول الموجود في الأنبوبة الشعرية يسحب الكحول المؤشر معه وعند ارتفاع درجة الحرارة يتمدد الكحول تاركا المؤشر مكانه وبذلك تكون القراءة الموجودة عند رأس المؤشر (الطرف البعيد عن المستودع) هي درجة حرارة النهاية الصغرى (ش ٦٢). وبعد قراءة درجة حرارة النهاية الصغرى يتم تحريك المؤشر إلى نهاية عمود الكحول بواسطة مغنطيس صغير استعدادا لقراءة جديدة ويتم وضع ترمومتر النهاية الصغرى أفقيا حتى لا يتأثر بالجانبية الأرضية.

ويوجد جهاز يحتوي علي ترمومتران أحدهما يعطي النهاية العظمي لدرجة حرارة الهواء والأخر يعطي النهاية الصغرى لدرجة حرارة الهواء (ش٦٣)



(ش ٦٢) ترمومتر النهاية العظمي ذو الاختناق



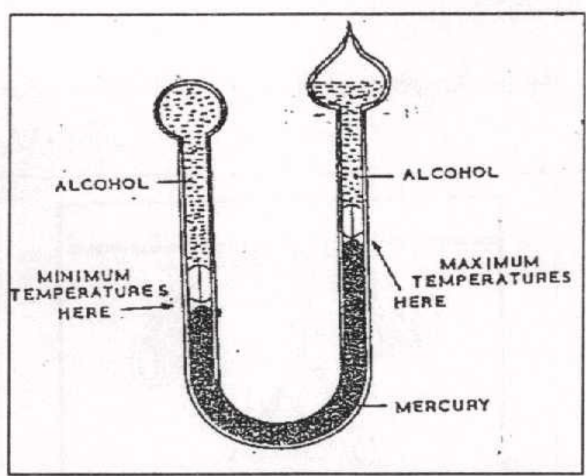
(ش٦٣) ترمومتران للنهاية العظمي والنهاية الصغرى

• **ترمومتر ساكس:**

هو جهاز يستخدم لقياس النهاية العظمى والصغرى لدرجة حرارة الهواء وهو عبارة عن أنبوبة طويلة على شكل حرف U كما في (ش٦٤) ينتهي أحد طرفيها بخزان مستطيل مملوء كله بالكحول والطرف الآخر بخزان كروي به غاز ويوجد بأسفل الأنبوبة في الفرعين كمية من الزئبق وعلى سطح الزئبق في كلا الفرعين يوجد سهم زجاجي بداخله قطعة رفيعة من الصلب يعملان كدليلين ولمنع الدليلين من السقوط إلى سطح الزئبق يلف بسلك دقيق كالشعر يضغط السهمين إلى السطح الداخلي للأنبوبة ليحتفظا بوضعهما اللذان يستقران فيه وعندما ترتفع درجة الحرارة ويتمدد الكحول فيدفع أمامه الزئبق ليصعد في الفرع الآخر دافعا السهم أمامه في الفرع الذي فيه الغاز ويتكرر ذلك كلما ارتفعت درجة حرارة الهواء وإذا برد الهواء ينكمش الكحول ويسحب معه الزئبق في أثره وبذلك يصعد السهم في الفرع الذي فيه الكحول إلى أعلا وينخفض الزئبق حينئذ في الفرع الذي فيه الغاز بمفرده تاركا السهم في هذا الفرع في مكانه فتبين هذه النقطة أعلى ما وصلت إليه درجة حرارة الهواء بينما يبين السهم الآخر الذي في الجهة التي بها

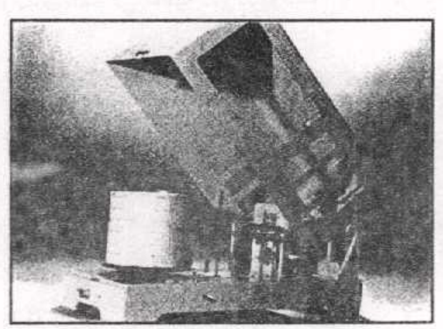
الكحول أقل ما وصلت إليه حرارة الهواء وبعد تسجيل النهاية الصغرى والنهاية العظمى يعـ الدليلان إلى موضعهما الأصليين بواسطة مغناطيس صغير.

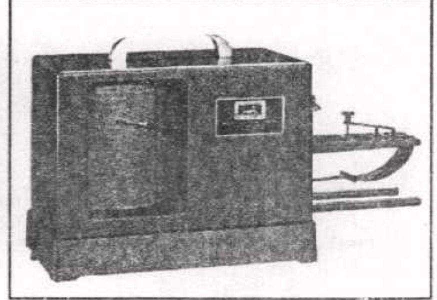
وهذا الترمومتر يعرف بترمومتر النهاية العظمى والنهاية الصغـرى لدرجـة حـرارة الهواء.



(ش٦٤) ترمومتر النهاية اعظمي والنهاية الصغرى (ترمومتر ساكس)

<u>مسجل درجة الحرارة Thermograph:</u> يتكون من جزء معدني حساس للتغـيرات فـي درجة الحرارة متصل بعدة روافع تنتهي بذراع وفى نهاية الذراع توجد ريشة تلامس اسـطوانة تدار بواسطة ساعة موضوعة بداخلها. وتدور الاسطوانة كل يوم أو كل أسبوع حسـب نـوع الجهاز. وتسجل الريشة درجة الحرارة على الخريطة الموضوعة على الاسطوانة ويوجـد مـن هذه المسجلات نوعان الأول ذو خريطة يومية والآخر ذو خريطة أسبوعية (ش ٦٥).

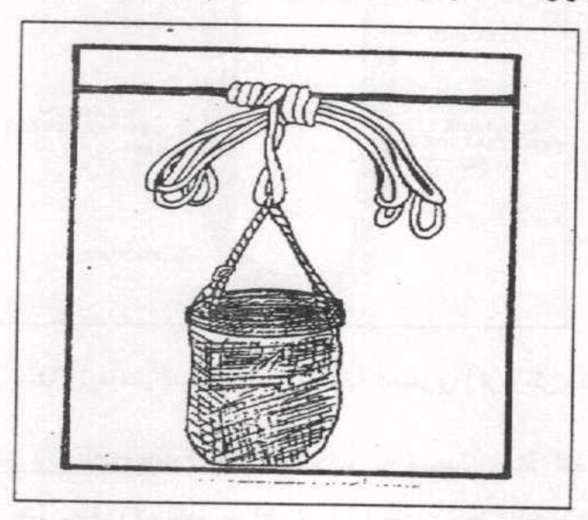




(ش ٦٥) مسجل درجة الحرارة

طرق قياس درجة حرارة سطح البحر: من المعروف أن الحرارة النوعية للماء كبيرة جدا وعلى ذلك فإن التغير في درجة حرارة سطح البحر سوف يكون صغيرا ولذا فإن نسبة الخطأ في قياس درجة حرارة سطح البحر يكون كبيرا ويمكن قياس درجة حرارة سطح البحر بالطرق التالية:

١- **طريقة الجردل:** وذلك بأخذ عينة من ماء البحر بواسطة جردل من قماش القلوع ثم تقاس درجة حرارة ماء البحر بواسطة ترمومتر عادى (ش ٦٦).

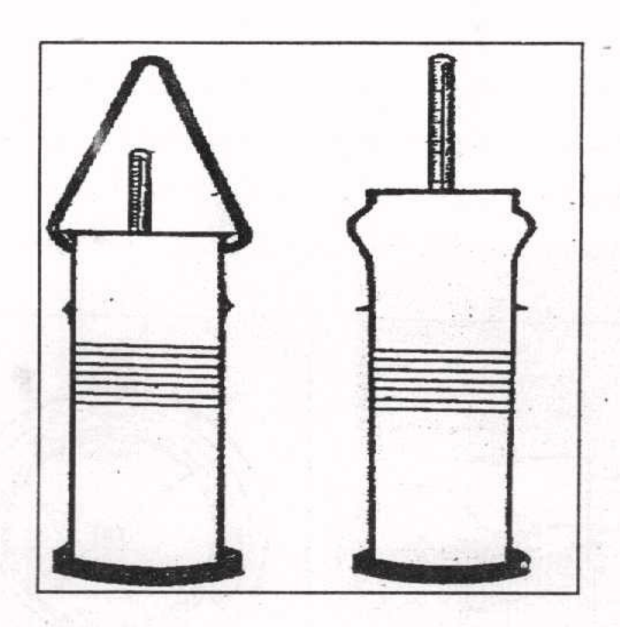


(ش ٦٦) جردل من قماش القلوع يستخدم في قياس درجة حرارة مياه البحر السطحية

٢- **طريقة المكثف:** وذلك بقياس درجة حرارة عينة من ماء البحر الداخلة لغرفة الماكينات والمستخدمة في عملية التبريد بواسطة ترمومتر وهذه الطريقة غير دقيقة.

٣- **طريقة البدن:** ويتم ذلك بقياس درجة حرارة قطعة من النحاس مثبتة في بدن السفينة أسفل خط الماء وذلك بطريقة كهربائية وهى طريقة غير دقيقة.

٤- **بواسطة جردل من المطاط مثبت به ترمومتر:** ويتم ذلك بواسطة تدلى جردل من المطاط مثبت به ترمومتر بواسطة حبل إلى الماء ثم يرفع بعد فترة وبذلك يمكن الحصول على قراءة دقيقة لدرجة حرارة مياه البحر السطحية (ش ٦٧).



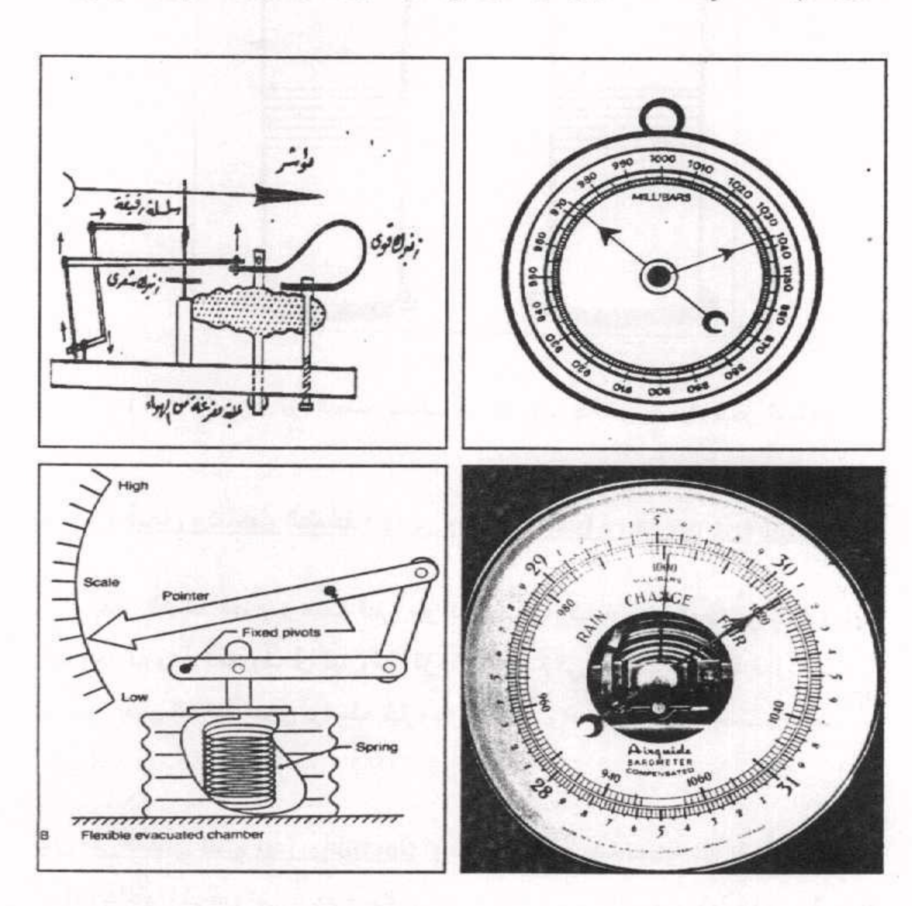
(ش ٦٧) جردل من المطاط يستخدم في قياس درجة حرارة مياه البحر السطحية

أجهـــزة قياس وتسجيل الضغط الجوي Atmospheric pressure Instruments:

يقاس الضغط الجوي بواسطة البارومتر الزئبقـــي والبـــارومتر المعدنـــي (الأنـــيرويد) والباروجراف ومن المعروف أن البارومتر الزئبقي يستخدم في محطات الأرصاد الجوية ولكـــن في البحر يقاس الضغط الجوي بواسطة البارومتر المعدني والبـــــاروجراف (مســـجل الضغـــط الجوي).

البارومتر المعدني (الأنيرويد) Ineroid: وهو عبارة عن علبة معدنية مفرغة جزئيـــا مـــن الهواء وبداخلها زنبرك رأسي ليمنع انطباق وجهي العلبة ويثبت أحد وجهي العلبة فـــي قـــاعدة الجهاز ويترك الوجه الآخر حرا ليتأثر بالضغط الجوى فإذا ما زاد الضغط الجوي على الســـطح الحر تضاغط الصندوق وإذا ما قل الضغط انفرج إلى أعلى. ويثبت في وسط السطح الحر مـــن العلبة حامل يتصل بعدة روافع تنتهي بمؤشر يبين الضغط الجوى على قـــرص مـــدرج وكلمـــا زادت مساحة وجه العلبة المفرغة كلما زادت حساسية الجـــهاز (ش ٦٨) ويوجـــد للبـــارومتر المعدني مؤشران أحدهما داخلي والآخر خارجي, المؤشر الداخلي يتم بواسطته تحديـــد قـــراءة

الضغط الجوي بينما المؤشر الخارجي يتم بواسطته معرفة التغير الذي حدث في قراءة الضغـــط الجوي من وقت إلي أخر (الميل البارومتري) وبذلك بوضع المؤشران في وضع متطابق بعـــد قراءة الضغط الجوي في الرصدة الأولي وعند قراءة الضغط الجوي ثانية يمكن تحديـــد قيمـــة التغير الذي حدث في الضغط الجوي من الفرق في القراءة بين المؤشران الداخلي والخارجي.



(ش ٦٨) البارومتر المعدني (الأنيرويد)

<u>التصحيحات الواجب ادخالها على قراءة البارومتر المعدني (الأنيرويد):</u>

١- خطأ التدريج **Index error**.

٢- خطأ الارتفاع حيث أن جميع القراءات تعدل إلى مستوى سطح البحر.

٣- خطأ درجة الحرارة وهو خطأ صغير وعمليا يهمل هذا الخطأ.

٤- خطأ ناشئ عن الجاذبية الأرضية وعادة يهمل هذا الخطأ

٥- الخطأ الناتج عن عمليات الشحن والتفريغ ويتم حسابه بواسطة المعادلة التالية:

$$\text{الخطأ} = \frac{ع - ع'}{٨} \quad \text{هيكتوباسكال}$$

حيث أن الخطأ هو قيمة التصحيح الذي يضاف إلى قراءة الضغط الجوي للحصول على قيمة الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر نتيجة لعمليات الشحن والتفريغ حيث أن هذه العمليات تؤدى إلى تغير ارتفاع الأنيرويد عن سطح البحر.

حيث أن:

ع هو ارتفاع الأنيرويد الفعلي الناتج عن عمليات الشحن والتفريغ

ع' ارتفاع الأنيرويد حيث تم تثبيته أولا

<u>مميزات جهاز البارومتر المعدني (الأنيرويد):</u> رخيص – سهل الاستعمال – خفيف الوزن

<u>عيوب جهاز البارومتر المعدني (الأنيرويد):</u>

- غير دقيق حيث أن دقته لا تتجاوز الهكتوبسكال الواحد.

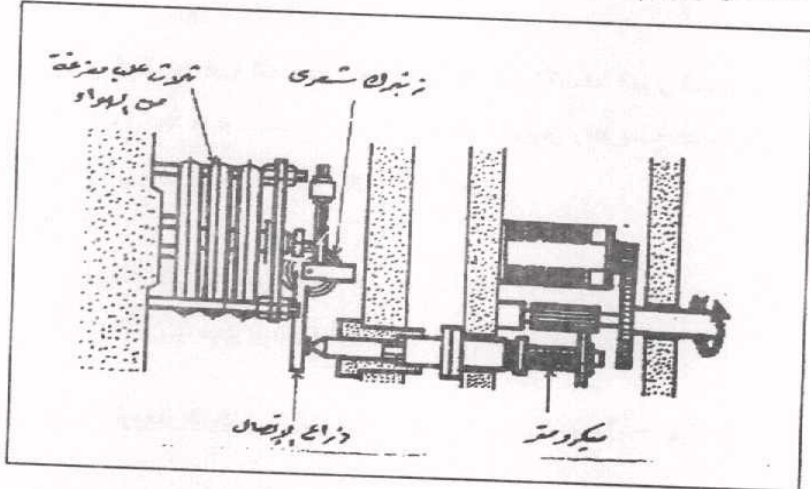
- لا يتابع التغير المفاجئ في الضغط الجوى كحالة مرور الجبهات.

<u>الأنيرويد المتقن (الدقيق) Precision Aneroid:</u> هذا الجهاز يتكون من ثلاث علب معدنية مفرغة جزئيا من الهواء متصلة ببعضها بمحور أفقي و المحور الأفقي متصل بزنبرك شعري, و الزنبرك الشعري متصل بذراع رأسي يسمى ذراع الاتصال هذا يلامس ميكرومتر (ش ٦٩) والجهاز متصل بدائرة كهربائية بها مصدر ضوئي (عين سحرية) تضئ عندما يلامس الميكرومتر الذراع الرأسي وعندما يحدث تغير في الضغط الجوى فان حركة انضغاط وانفراج العلب المعدنية تنتقل إلى المحور الأفقي و منة إلى الزنبرك الشعري ثم الذراع الرأسي وعندما يلامس الميكرومتر الذراع الرأسي تضئ العين السحرية وعند هذه اللحظة تؤخذ القراءة. و يفضل استخدام هذا الجهاز عن البارومتر الزئبقي الآن في السفن التجارية لأنة أكثر سهولة في

النقل و الشحن بالإضافة لرخص ثمنه و يعتبر من أفضل الأجهزة الآن و مصدر الأخطاء في هذا الجهاز تنحصر فيما يلي:

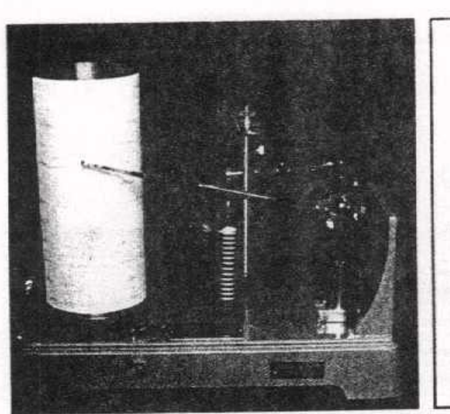
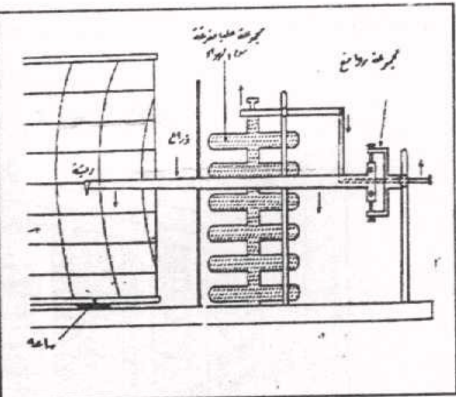
١- خطأ الارتفاع و يتم معالجته أثناء عملية تركيب الجهاز.

٢- خطأ المؤشر و يتم حسابه اثناء عملية المعايرة.



(ش ٦٩) الأنيرويد المتقن (الدقيق)

<u>مسجل الضغط الجوي (الباروجراف) Barograph</u>: هو بارومتر معدني مسجل و يتكون من عدة علب مفرغة جزئيا من الهواء متصلة ببعضها و يثبت أحد وجهي العلب في قاعدة الجهاز ويترك الوجه الأخر حرا ليتأثر بالضغط الجوي (ش ٧٠) ويثبت في وسط السطح الحر من العلب حامل يتصل بعدة روافع تنتهي بريشة تملأ بحبر خاص وتلامس اسطوانة تدور بواسطة ساعة وتدور هذه الاسطوانة دورة كاملة كل أسبوع و يوجد على هذه الاسطوانة خريطة مدرج عليها تدريج الضغط الجوي و الزمن . وكلما دارت الاسطوانة تذبذبت الريشة حسب اختلاف قيمة الضغط فترسم الريشة أثرا على الخريطة يمثل قيم الضغط الجوي و تغيراته على مدى الأسبوع و الغرض الرئيسي من استخدام الباروجراف هو تسجيل الضغط الجوى بدقة و تحديد مقدار الميل البارومتري.

(ش ٧٠) مسجل الضغط الجوي (الباروجراف)

أجهزة قياس الرطوبة النسبية Relative Humidity Instruments:

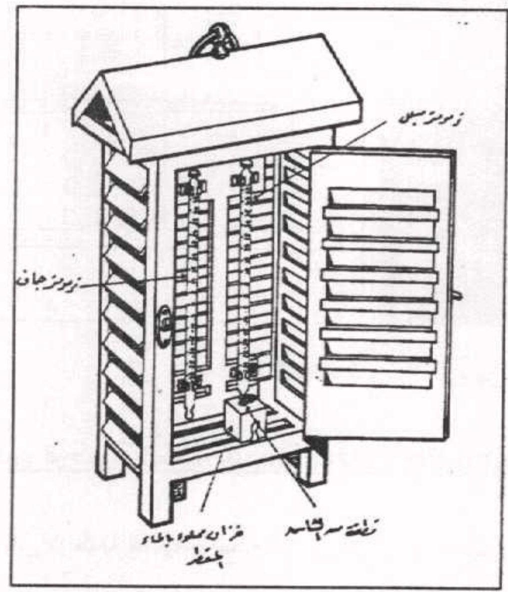
يتم قياس الرطوبة النسبية بواسطة الهيجرومتر أو السيكرومتر أو مسجل الرطوبة الشعري.

الهيجرومتر: وهو يتكون من ترمومترين متجاورين في كشك أحدهما ترمومتر مبلل والآخر ترمومتر جاف (ش ٧١) وهو كشك خشبي مدهون باللون الأبيض ليعكس أكبر قدر ممكن من أشعة الشمس وجدرانه من الشيش لا يسمح لأشعة الشمس بالمرور خلالها بينما تسمح فتحاته بمرور الهواء مرورا حرا وبعد أخذ قراءات درجة حرارة الترمومتر المبلل ودرجة حرارة الترمومتر الجاف يتم حساب الرطوبة النسبية ودرجة حرارة نقطة الندى وضغط بخار الماء بواسطة جداول خاصة أو بواسطة استخدام برنامج خاص بالحاسب الآلي.

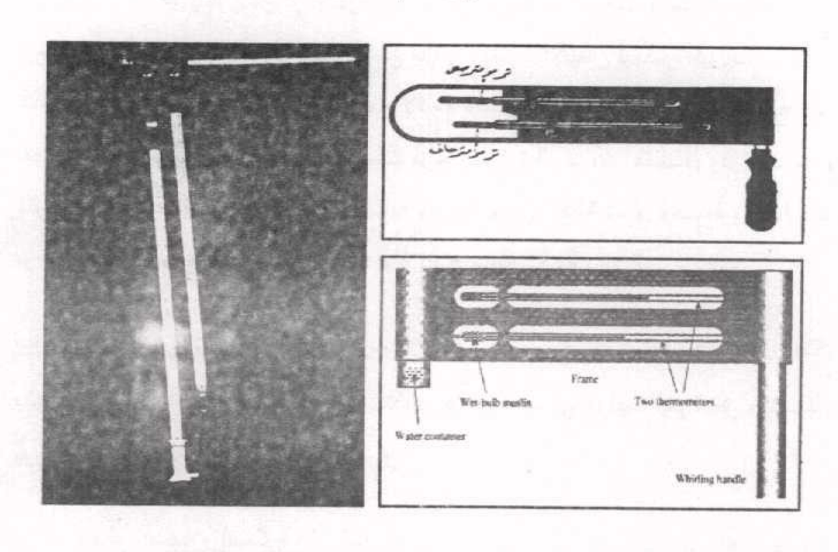
سيكرومتر دوار: وهو عبارة عن ترمومتر جاف وترمومتر مبلل مثبتين في حامل ويمكن باليد إدارتهما في الهواء بسرعة حتى يحدث تيارهوائي صناعي حولهما فيتم البخر و شكل ٧٢ يوضح أنواع مختلفة من السيكرومتر الدوار.

سيكرومتر اسمان (سيكرومتر زنبركي): وهو عبارة عن ترمومتر جاف وترمومتر مبلل مثبتين داخل غلاف معدني. وتتم التهوية الصناعية في هذا السيكرومتر بواسطة مروحة

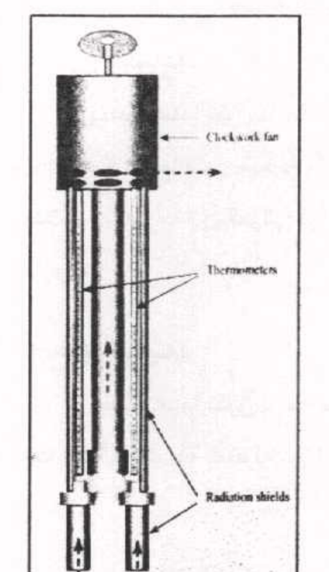
سريعة الحركة منتظمة الدوران وتدار بواسطة زنبرك و شكل ٧٣ يوضح أنواع مختلفـــة مـــن السيكرومتر الزنبركي.

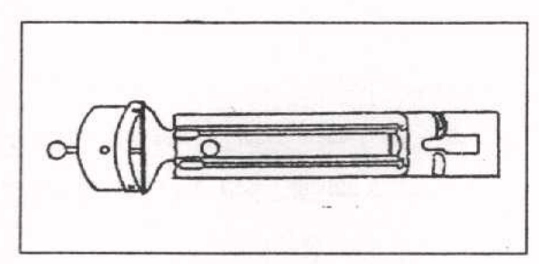


(ش ٧١) الهيجرومتر



(ش ٧٢) أنواع مختلفة من السيكرومتر الدوار

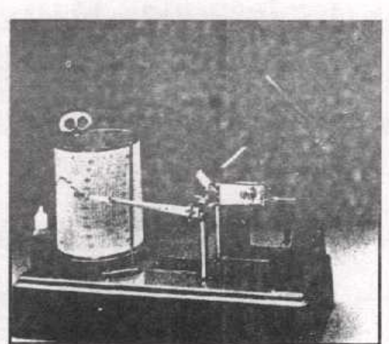


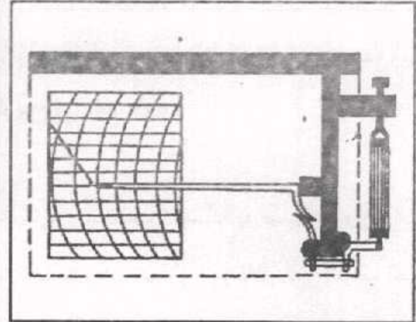


(ش ٧٣) أنواع مختلفة من السيكرومتر الزنبركي

سيكر ومتر كهربائي: وفى هذا النوع من السيكرومترات تكون التهوية الصناعية بواسطة مروحة تدار بوسيلة كهربائية.

مسجل الرطوبة الشعري: صمم هذا الجهاز على أساس أن الشعر الآدمي يتغير طوله بتغير الرطوبة فالشعر يزداد طوله بزيادة الرطوبة ويقل بنقصها ويثبت أحد طرفي الشعر ويتصل الطرف الآخر بمجموعة روافع متصلة بذراع وتثبت ريشه في آخر الذراع وتسجل الرطوبة على اسطوانة تدور مرة كل أسبوع أو يوم بواسطة ساعة موضوعة داخل الاسطوانة (شكل ٧٤).





(شكل ٧٤) مسجل الرطوبة الشعري

تأثير الرطوبة على حمولة السفينة: هناك نوعان من التأثير هما :

١- عرق البضاعة:

ويحدث عندما تكون درجة حرارة البضاعة أقل من درجة حرارة نقطة النـــدى للعنـــبر ويحدث ذلك عندما تكون السفينة متحركة من مناطق باردة إلى مناطق دافئة وعـــرق البضاعـــة يحدث أيضا في مخازن الموانئ في الشتاء حيث يحل الهواء البحري الرطـــب محـــل الـــهواء القاري البارد.

٢- عرق السفينة:

ويحدث عندما تكون درجة حرارة بدن السفينة أقل من درجة حرارة نقطة الندى للعنـــبر وهذا يحدث للبضاعة المنقولة من المناطق المدارية ذات الرطوبة العالية إلـــى منـــاطق بحريـــة باردة .

المناطق الخطرة على بضاعة السفينة: جميع المناطق التي يحدث فيها تغيرات مفاجئـــة في درجة الحرارة مثل :

١-تغيرات الكتل الهوائية .

٢-الحدود الفاصلة بين التيارات البحرية ذات الاختلاف في درجة الحرارة.

٣-المناطق الساحلية التي يتواجد بها انسياق ماء بارد .

ولقد أعدت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية **WMO** كتابا يلخص مشاكل تهوية البضاعة فـــي صورة إرشادات عن طرق تهوية البضاعة يمكن الرجوع إليه.

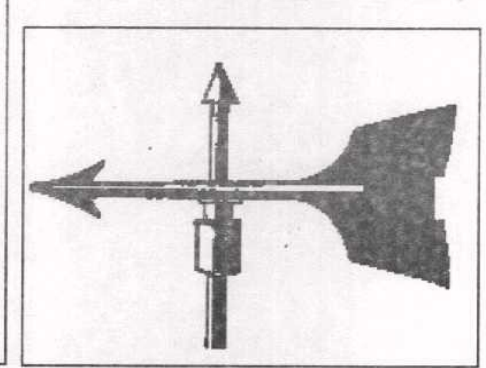
أجهزة قياس اتجاه وسرعة الرياح Wind Speed and Direction Instruments:

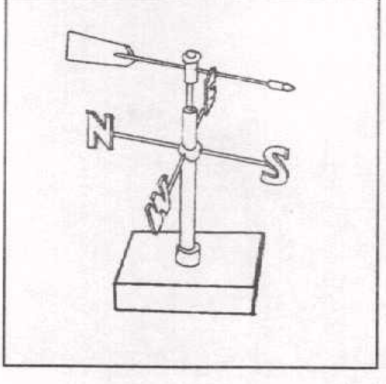
توجد عادة أجهزة تقيس سرعة الرياح وحدها وأجهزة أخري تقيس اتجاه الرياح وحـــده ويوجـــد نوع ثالث من الأجهزة يقيس سرعة واتجاه الرياح في نفس الوقت.

قياس اتجاه الرياح السطحية: يعين اتجاه الرياح السطحية عـــادة بواسـطة دوارة الريـــاح وحتى تعمل دوارة الرياح بشكل مناسب يجب تركيبها علي محاور الارتكاز التي سوف تقلل من تأثير الاحتكاك إلي نهايته الصغرى كما يجب أيضا أن تكون متزنـــة بشـــكل مناســـب حـــول محورها. مع اتخاذ احتياط خاص للتأكد من أن محور دوارة الرياح فـــي الاتجـــاه الرأســـي .

وكذلك يجب تصحيح اتجاهها بالنسبة للشمال الحقيقي. وقياس اتجاه الرياح يكون بدوران سهم أفقي ذو دفة رأسية عريضة رقيقة مع اتجاه الرياح حول محور رأسي يعرف بدوارة الرياح.

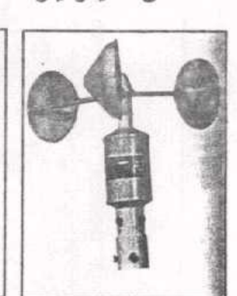
دوارة الرياح Wind Vane: تتركب دوارة الرياح من ذراع من الحديد علي شكل سهم مؤخرته عريضة ومفلطحة ويرتكز علي عمود رأسي من الحديد ويكون حر الحركة ويرتكز العمود والسهم علي قاعدة من الحديد مثبتة , ويوجد علي العمود أربعة أسهم متعامدة تمثل الجهات الأصلية الأربعة. ويندفع مؤخرة السهم بواسطة الرياح ويشير السهم الذي في نهايته إلي الجهة التي تهب منها الرياح (ش ٧٥)

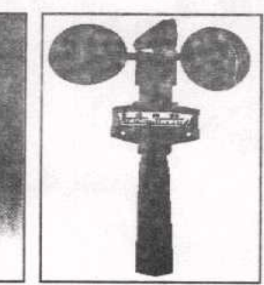


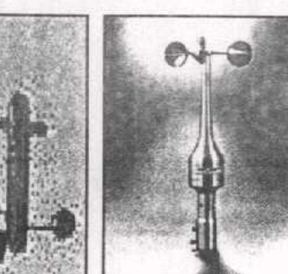


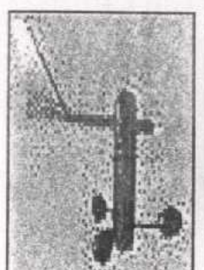
(ش ٧٥) دوارة الرياح

قياس سرعة الرياح: تقدر سرعة الرياح بجهاز اسمه الانيموميتر **Anemometer** ويتكون من ثلاث أو أربع طاسات نصف كروية مثبتة فوق عمود وتدور حول مستوي أفقي بواسطة قوة دفع الرياح ويعتمد دوران الطاسات علي شدة الرياح. ويسجل عدد مرات دورانها بواسطة عداد مثبت بأسفل العمود الذي يمكن أن نستخرج منه سرعة الرياح وشكل ٧٦ يبن يوضح أنواع مختلفة من الأنيموميتر.



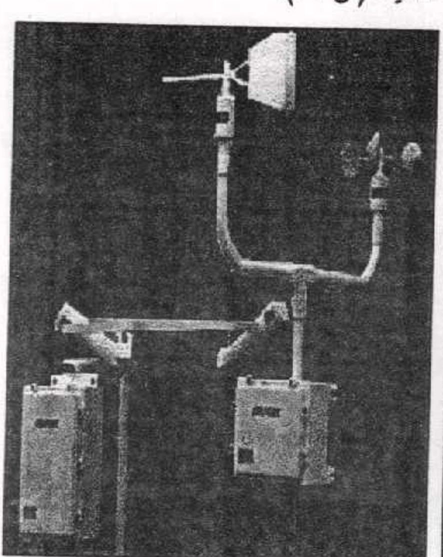






(ش ٧٦) أنواع مختلفة من الأنيموميتر.

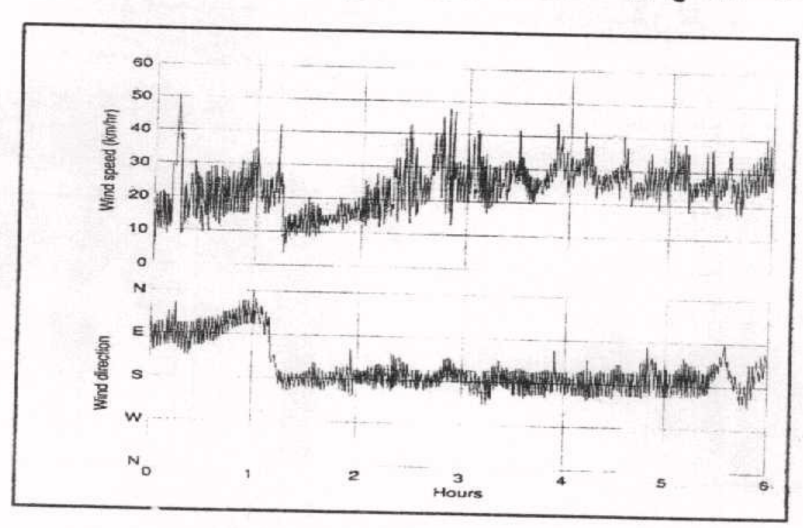
جهاز قياس اتجاه وسرعة الرياح (الانيموجراف Anemograph): وهو عبارة عن جهاز يقيس اتجاه وسرعة الرياح مزود بدوارة رياح لقياس اتجاه الرياح وانيموميتر لقياس سرعة الرياح وله ريشتان إحداهما تسجل سرعة الرياح والأخرى تسجل الاتجاه علي أسطوانة بها ورقة تسجيل ويمكن تثبيت هذا الجهاز بصاري السفينة (ش ٧٧).





(ش ٧٧) جهاز قياس اتجاه وسرعة الرياح

و شكل ٧٨ يوضح خريطة تسجيل اتجاه وسرعة الرياح.



(ش ٧٨) خريطة تسجيل اتجاه وسرعة الرياح

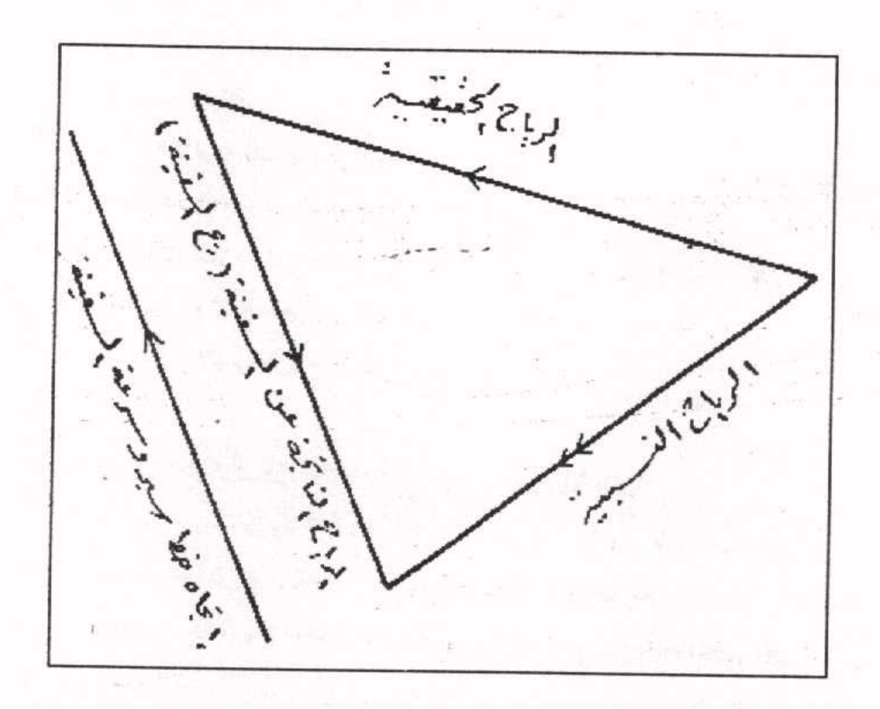
وبصفة عامة يجب ملاحظة ما يأتي عند قياس سرعة واتجاه الرياح في البحر:

- أن دوارة الرياح والانيموميتر علي ظهر السفينة المتحركة يعطيان اتجاه وسرعة رياح نسبية وليست حقيقية.
- أن الرياح الظاهرية (النسبية) هي محصلة الرياح الحقيقية والرياح الناتجة عن إبحار السفينة (خط سير وسرعة السفينة).
- يجب أن تثبت أجهزة قياس اتجاه وسرعة الرياح علي السفينة بطريقة مناسبة لتقليل تأثير التمايل الطولي والتمايل العرضي للسفينة.
- أن أنسب مكان لأجهزة الرياح هو أعلا صاري مقدم السفينة.

تعيين سرعة واتجاه الرياح الحقيقية في البحر أثناء الإبحار:

يمكن تعيين سرعة واتجاه الرياح الحقيقية في البحر أثناء الإبحار علي النحو التالي:

- يمكن تحديد اتجاه الرياح الحقيقية من الحركة العامة للأمواج البحرية
- يمكن تحديد سرعة الرياح الحقيقية تقريبا باستخدام شكل البحر واستخدام مقياس بيفورت
- يمكن تحديد الاتجاه النسبي للرياح من : اتجاه دخان مدخنة السفينة – حركة أعلام السفينة – دوارة الرياح
- يمكن تحديد السرعة النسبية للرياح من دوارة الرياح
- يمكن تحديد اتجاه وسرعة الرياح الحقيقية بواسطة مثلث الرياح والموضح بشكل ٧٩ والذي تكون فيه الرياح الناتجة عن سرعة السفينة وخط سيرها أحد أضلاع المثلث (رياح السفينة) واتجاه الرياح النسبية (الظاهرية) يمثلها أحد أضلاع المثلث بينما يعطي الضلع الثالث الرياح الحقيقية.

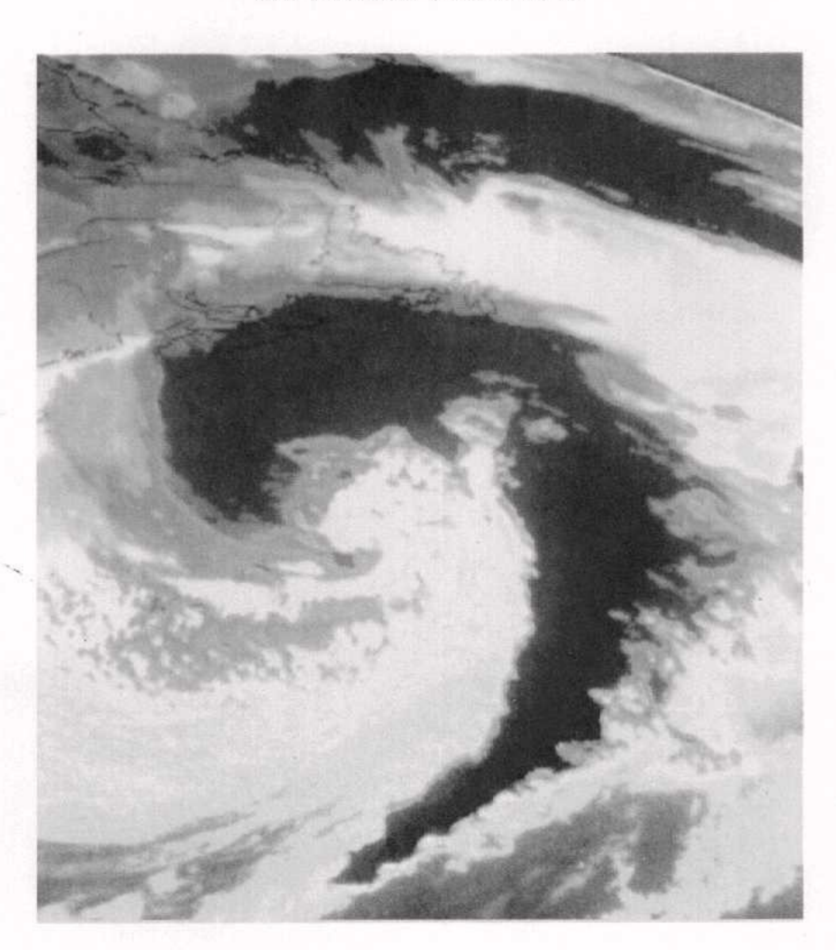


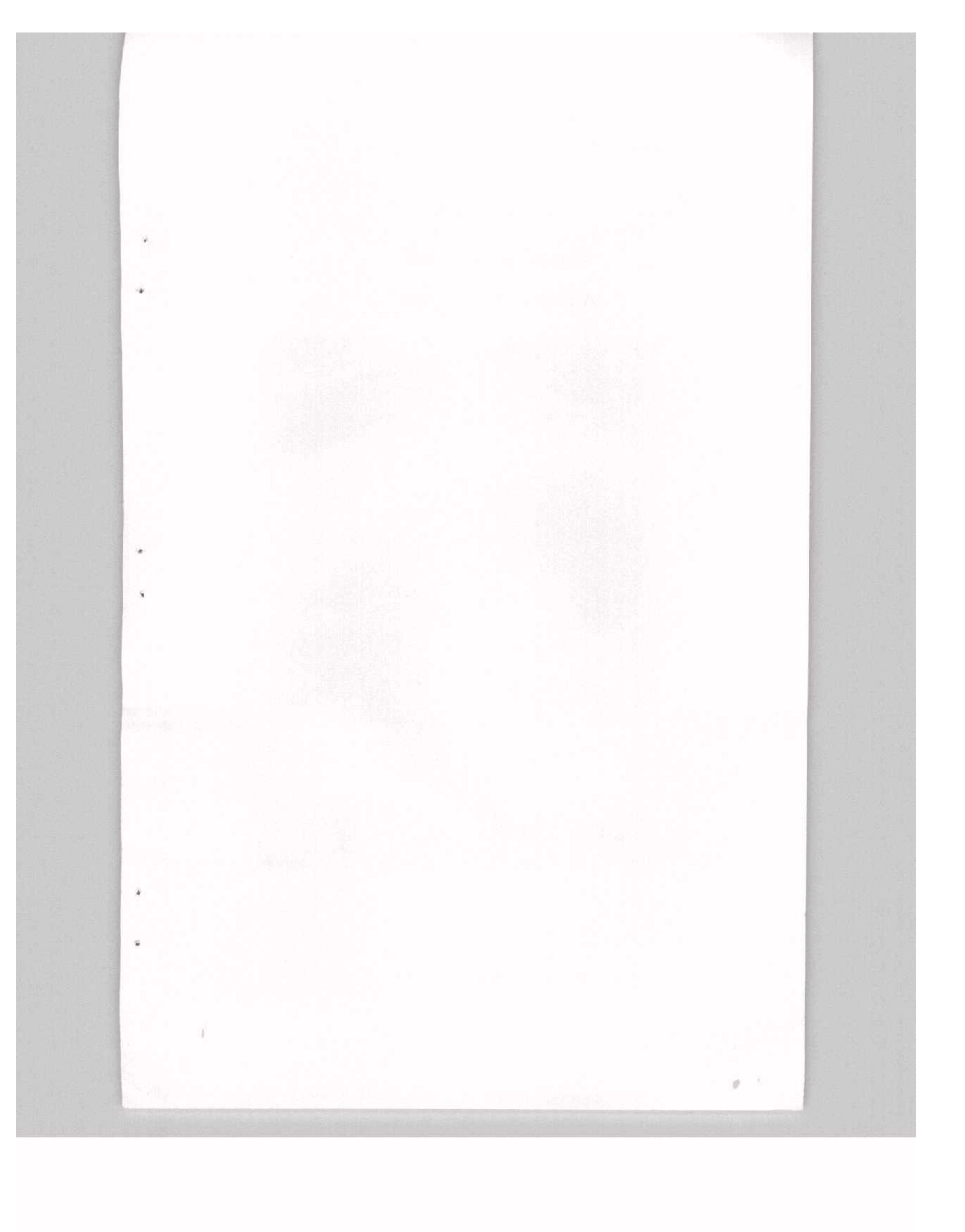
(ش ٧٩) مثلث الرياح لتحديد اتجاه وسرعة الرياح الحقيقية

الباب الثاني عشر

الكتل الهوائية والجبهات

Air Masses and Fronts





الباب الثاني عشر

الكتل الهوائية والجبهات

Air Masses and Fronts

الكتلة الهوائية عبارة عن كتلة كبيرة من الهواء ذات خصائص متشابهة فوق مساحة شاسعة ولها صفات متجانسة من حيث درجة الحرارة والرطوبة عند كل مستوى أفقي من مستوياتها. ويترتب على ذلك تجانس في الاستقرار وعدم الاستقرار و أيضا في الظواهر الجوية المصاحبة للكتلة الهوائية وذلك لثبات معدل التناقص الحراري والرطوبة بها. ويكون هذا التجانس اكثر وضوحا في الطبقات العليا من الكتلة الهوائية عنه في الطبقات السفلي وذلك لتأثر الطبقات السفلي للكتلة الهوائية بطبيعة السطح الموجود تحت الكتلة الهوائية.

تكوين الكتلة الهوائية Air mass formation: إذا استقرت كتلة هوائية لفترة كافية فوق مساحة معينة من الأرض فإنها تكتسب خواصها الطبيعية وتصبح الكتلة الهوائية المذكورة متجانسة في خواصها عند كل ارتفاع. فيقال أنه قد تكونت كتلة هوائية جديدة تتميز بتغير ملموس في خواصها.

العوامل المؤثرة على خصائص الكتل الهوائية:

تتأثر خصائص الكتل الهوائية بعاملين أساسين هما:

- مصدر الكتلة الهوائية (المنبع)
- مسار الكتلة الهوائية

١. **المصدر (المنبع) Source Region**: تكتسب الكتـــل الهوائيـــة خـــواص الســـطح الملاصق لها وبصفة عامة تتكون الكتل الهوائية فوق المرتفعات الجوية حيث الجـــو اكـــثر استقرارا وبالتالي تصبح كتلة هوائية متجانسة ذات خواص معينة.

٢. **مسار الكتل الهوائية Track of Air masses**: تتعرض الكتل الهوائيـــة لبعـــض التغييرات في خواصها تبعا لطبيعة المسار الذي تسلكه بعد تكوينها كأن تمر على منطقـــة دافئة أو باردة – رطبه أو جافة وهكذا. وتبدأ التغيرات في الخواص الطبيعية للكتلة الهوائية في الطبقات السفلي منها أولا ثم تمتد رأسيا فيما بعد لتشمل الكتلة كلها ويتوقف معدل التغير في الكتلة الهوائية أو سرعته على مدى الفرق بين الخـــواص الأساســـية للكتلـــة الهوائيـــة وخواص السطح الذي تمر فوقه.

تصنيف الكتل الهوائية Air Masses Classification: يتـــم تصنيـــف الكتـــل الهوائية وفقا للصفات الجوية والطبيعية لمنبعها (مناطق تكوينها) وعليه فـــإن الكتـــل الهوائيـــة تصنف حسب المواقع الجغرافية لمنابعها (خطوط العرض التي تكونت عندها) بالإضافـــة إلـــى طبيعة الأرض التي تتحرك عليها الكتلة الهوائية من حيث كونها سطحا يابسا أو بحـــرا وعلـــي ذلك يتم تصنيف الكتل الهوائية علي أساسين الأول منهما هو منبع الكتلة الهوائية والثـــاني هـــو مسار الكتلة الهوائية ويتم ذلك علي النحو التالي:

أولا: أنواع الكتل الهوائية حسب منابعها الجغرافية:

- **كتلة هوائية قطبية عالية : Arctic Air Mass (A)**: تتكـــون هـــذه الكتلـــة الهوائية بين خطى عرض ٧٥ ° – ٩٠ ° شمالا أو جنوبا فوق المناطق المتجمدة حـــول القطبين ويتميز هذا النوع من الكتل الهوائية بأن درجة حرارتها منخفضة جدا وباحتوائـــها علي كمية قليلة جدا من بخار الماء.

- **كتلة هوائية قطبية : Polar Air Mass (P)**: تتكون هذه الكتلة الهوائيـــة بين خطى عرض ٤٥ ° – ٧٥ ° شمالا أو جنوبا فوق المناطق التي تتمركـــز عليـــها الارتفاعات الجوية شبة الدائمة طوال فصول السنة مثل مرتفع سيبريا الجوي ويتميز هذا النوع من الكتل الهوائية بأن درجة حرارتها منخفضة ولكن بدرجة أعلـــى مـــن درجـــة حرارة الكتلة الهوائية القطبية العالية وتتميز أيضا بأن بها كميات قليلة من بخار الماء.

• **كتلة هوائية مدارية :   (T)   :Tropical Air Mass** تتكـــون هـــذه الكتلـــة الهوائية حول خطي عرض ٣٠ ° شمالا او جنوبا (خطوط العرض المدارية) في منطقـــة الارتفاعات الجوية بعد المدارية التي تتمركز عند هده المناطق على مدار السنة. ويتمـــيز هذا النوع من الكتل الهوائية بأن درجة حرارتها مرتفعة وتحمل كميات بخار الماء أعلـــي من كمية بخار الماء الموجود في الكتلة الهوائية القطبية.

• **كتلة هوائية استوائية   (E)   :Equatorial Air Mass** تنشأ هـــذه الكتلـــة عندما تبقى كتلة هوائية مدارية لفترة طويلة فوق المحيطات المتجانسة الصفات بالمنـــاطق الاستوائية فتفقد صفاتها الأولية وتكتسب صفات هذه المناطق من ارتفاع شديد في درجـــة الحرارة وزيادة كبيرة في كميات بخار الماء.

ثانيا: أنواع الكتل الهوائية حسب طبيعة المسار التي تتحرك به: تنقسم مسارات اكتل الهوائية إما إلي مسار فوق البحار والمحيطات ويسمي مسار بحري أو مسار فوق القارات ويسمي مسار قاري وبذلك تنقسم الكتل الهوائية القطبية والكتل الهوائية المدارية بعد ذلك حسب طبيعة ســـطح الأرض التي تتحرك فوقها هذه الكتل الهوائية إلى كتلة هوائية قارية أو كتلـــة هوائيـــة بحريـــه والكتلة الهوائية البحرية تحتوى على كميات أكبر من بخار الماء عن ما تحتويه الكتلة الهوائيـــة القارية.

وعلي ذلك يمكن تقسيم الكتل الهوائية حسب طبيعة المسار التي تتحرك به علي النحـــو التالي:

١-الكتلة الهوائية القطبية العالية	A	Arctic Air Masses
٢-الكتل الهوائية القطبية القارية	P_c	Polar continental Air Masses
٣-الكتل الهوائية القطبية البحرية	P_m	Polar Maritime Air Masses
٤-الكتل الهوائية المدارية القارية	T_c	Tropical continental Air Masses
٥-الكتل الهوائية المدارية البحرية	T_m	Tropical Maritime Air Masses
٦-الكتل الهوائية الاستوائية	E	Equatorial Air Mass

وفيما يلي وصف مختصر للكتل الهوائية المختلفة:

- **الكتلة الهوائية القطبية العالية:** تتكون حول القطبين فيما بين خطي عرض ٧٥° ، ٩٠° في نصف الكرة الشمالي ونصف الكرة الجنوبي وخاصة عند جزر جرينلاند وتكون مناطق تكون هذه الكتل في فصل الشتاء مغطاة بالجليد. أما في فصل الصيف فيذوب الجليد في هذه المناطق وتكون درجة حرارته حوالي الصفر المئوي.

- **الكتلة الهوائية القطبية القارية:** تتكون في فصل الشتاء في منطقتين رئيسيتين في مناطق الارتفاعات الجوية شبه الدائمة فوق سيبيريا وفوق شمال أمريكا وفى هذا الفصل تغزو الكتل الهوائية القطبية القارية القادمة من شمال آسيا وشرق أوروبا منطقة شرق البحر المتوسط والشرق الأوسط مسببة الجو الشديد البرودة وخاصة إذا اتخذت طريقها إلى هذه المناطق عن طريق البلقان. وتغزو هذه الكتل الهوائية هذه المناطق وراء الجبهات الباردة التي تصاحب المنخفضات الجوية التي تتحرك فوق البحر المتوسط من الغرب إلى الشرق وعندما تصل تلك المنخفضات إلى شرق البحر المتوسط تحمل هذه الكتل الهوائية بكميات كبيرة من بخار الماء نتيجة لمرورها على مياه البحر فتتكون معها السحب الركامية وتسقط رخات المطر أما في فصل الصيف فتنتقل هذه الكتل إلى أقصى شمال قارات آسيا وأوروبا وأمريكا.

- **الكتل الهوائية القطبية البحرية:** لا تتكون الكتلة الهوائية القطبية البحرية في فصل الشتاء في نصف الكرة الشمالي وإنما تنشأ نتيجة لتحول كتلة هوائية قطبية قارية تكونت فوق شمال أمريكا وتحركت فوق المحيط الأطلنطي الشمالي المتجانس الصفات لعدة أيام مما يجعلها تكتسب صفات هذا المحيط وتتحول الكتلة الهوائية القطبية القارية إلى كتلة هوائية قطبية بحرية كما أنها تنشأ نتيجة لتحول كتله هوائية قطبية عالية تولدت فوق جرينلاند وتحركت حول انخفاض أيسلندة الجوى لعدة أيام فتتحول إلى كتلة هوائية قطبية بحرية وتغزو هذه الكتلة حوض البحر المتوسط والشرق الأوسط بمصاحبة المنخفضات الجوية الكبيرة التي تمر فوق أوروبا.

- **الكتلة الهوائية المدارية القارية:** تتكون هذه الكتلة الهوائية في فصل الشتاء فوق صحاري شمال إفريقيا وهى الكتل التي تكون القطاعات الحارة للمنخفضات الجوية

المصحوبة بالجبهات في خطوط العرض المتوسطة.أما في فصل الصيف فإن لهذه الكتل الهوائية عدة منابع هي جنوب وغرب وأواسط آسيا وشبه الجزيرة العربية وشمال إفريقيا وجنوب أوروبا. وتلعب هذه الكتلة الهوائية دورا رئيسيا في مناخ جمهورية مصر العربية صيفا لأنها تهب من عدة مصادر، فإذا كان مصدرها هو وسط وجنوب غرب آسيا فإنها تكون شديدة الحرارة وتسبب الموجات الحرارية الشديدة، أما إذا كان مصدرها جنوب غرب أوروبا فتكون حارة معتدلة وتسبب الموجات الحرارية المعتدة ويكون الطقس المصاحب لها لطيفا بالنسبة للصيف.

- **الكتلة الهوائية المدارية البحرية**: تتكون فوق مناطق الارتفاعات الجوية الدائمة في خطوط العرض المتوسطة بالمحيط الأطلنطي وتكتسب الكتلة الهوائية المدارية البحرية التي تهب من المحيط الأطلنطي الشمالي خصائصها من تيار الخليج الدافئ .

- **الكتلة الهوائية الاستوائية**: تنشأ نتيجة اكتساب الكتل الهوائية المدارية لخواص المناطق الاستوائية لمرورها على المحيطات بهذه المناطق أو بقائها عليها فترة طويلة. وتغطي الكتل الهوائية الاستوائية مناطق كبيرة من سطح الكرة الأرض جنوب مناطق المرتفعات الجوية بعد المدارية الدائمة. وتغزو هذه الكتل جنوب غرب آسيا ووسط إفريقيا والسودان كرياح موسمية جنوبية غربية في فصل الصيف وتكون محملة ببخار الماء لمرورها على المحيطات لفترة طويلة. وتتحول إلى كتلة هوائية غير مستقرة عندما تغزو غرب الهند والسودان وأواسط إفريقيا مسببة تكون السحب الركامية المزنية وسقوط الأمطار الشديدة والعواصف الرعدية.

تحرك الكتل الهوائية: عندما تتحرك كتلة هوائية من منبعها إلي منطقة أخري تبدأ الطبقات السفلي منها بالتأثر بصفات الأسطح التي تتحرك عليها ويمتد هذا التأثر تدريجيا إلى أعلا. هذا وتتوقف الظواهر الجوية التي تصاحب الكتل الهوائية على اختلاف درجة حرارة الطبقة السفلي من الكتل الهوائية عن درجة حرارة السطح الذي تتحرك فوقه وقد تم تصنيف الكتل الهوائية من هذه الناحية إلى الآتي:

- **الكتل الهوائية الباردة Cold Air Masses**: هي الكتل الهوائية التي تكون درجة حرارة الطبقة السفلي منها أقل من درجة حرارة السطح الذي تتحرك فوقه وتصبح هذه الكتلة الهوائية غير مستقرة وتتصف بالصفات التالية:

١- وجود مطبات هوائية خاصة في الطبقات السفلي منها.
٢- تتكون السحب الركامية المزنية (في حالة الكتل الهوائية الرطبة).
٣- إذا حدث هطول يكون على شكل رخات من المطر أو الثلج أو البرد.
٤- تحدث العواصف الرعدية عندما تكون درجة الرطوبة عالية وعدم الاستقرار يمتد إلى ارتفاعات كبيرة.
٥- تكون الرؤية الأفقية حسنة وتقل في الهطول.

- **الكتل الهوائية الساخنة Warm Air Masses**: هي الكتل الهوائية التي تكون درجة حرارة الطبقة السفلي منها أعلي من درجة حرارة السطح الذي تتحرك فوقه وتتصف هذه الكتلة بالاستقرار وقد يحدث انقلاب حراري وتتصف هذه الكتل الهوائية بالصفات التالية:

١- استقرار الجو وعدم وجود مطبات هوائية.
٢- في حالة الكتل الهوائية الرطبة يتكون الضباب والسحب الطبقية.
٣- في حالة حدوث هطول يكون على شكل متقطع من الرذاذ أو المطر أو الثلج
٤- تكون عادة الرؤية سيئة بسبب الضباب في حالة الكتل الهوائية الرطبة أو العجاج في حالة الكتل الهوائية الجافة لأن استقرار الجو يعمل على حجز ذرات الرمال والأتربة والدخان في الطبقة القريبة من سطح الأرض.

تقابل الكتل الهوائية: عندما تتقابل كتلتان من الهواء مختلفتين إحداهما باردة والأخرى ساخنة فإنهما لا يتحدان والسطح الفاصل الذي بينهما يسمى بالسطح الجبهي **frontal Surface** كما يسمى خط تقاطع هذا السطح مع سطح الأرض بالجبهة **Front** والسطح الفاصل يكون له سمك ما وذلك نتيجة حدوث اختلاط بين الكتلتين فإذا زاد السمك عن ٥٠ ميلا يطلق على الجبهة (**منطقة جبهية Frontal Zone**).

هذا ويمكن تقسيم الجبهات على الوجه التالي:

أولا: جبهات شبه ساكنة Quasi – Stationary: هي جبهات ثابتة الموقع أو التي تتذبذب حول موضعها الأصلي وفيما يلي أنواع هذه الجبهات:

- **جبهة قطبية عالية Arctic Front:** تفصل بين الكتلة الهوائية القطبية العالية والكتلة الهوائية القطبية.

- **جبهة قطبية Polar Front** وهى تفصل بين الكتلة الهوائيـــة القطبيــة والكتلــة الهوائية المدارية.

- **جبهة بعد مدارية Sub–Tropical Front:** وهى تفصل بيـــن الكتلـــة الهوائيـــة المدارية معتدلة حارة والكتلة الهوائية المدارية شديدة الحرارة وتكون فوق القارات.

- **جبهة بين مدارية Inter-Tropical Front:** وهي تفصل بين الكتلتين الـــهوائيتين المداريتين لنصفي الكرة الأرضية الشمالي والجنوبي والتي قد تتحول إحداهمـــا أو كلاهمـــا إلى كتلة استوائية نتيجة لعبورها المناطق الاستوائية. وفي حالة تقـــارب صفـــات الكتلتيـــن الهوائيتين المداريتين على جانبي الجبهة خاصة فوق المحيطات تأخذ شكل تجمـــع للـــهواء **(منطقة التجمع المـــدارية (Inter-Tropical Convergence Zone (ITCZ).**

ثانيا: جبهات متحركة Moving Fronts: ويشمل هذا النوع من الجبهات ما يأتي:

١- **جبهات ساخنة Warm Fronts:** وهي جبهات متحركة بحيـــث يكـــون الـــهواء الساخن خلفها يحل محل الهواء البارد المتحرك أمامها ويرمز للجبهة الساخنة علـــي خرائط الطقس باللون الأحمر (ش ٨٠) وعلي الخرائط المطبوعة بالرمز الموضـــح بشكل ٨١.

٢- **جبهات باردة Cold Fronts:** وهي جبهات متحركة بحيث يكون الهواء البـــارد خلفها يدفع الهواء الساخن الموجود أمامها ويحل محله ويرمز لـــها علـــي خرائـــط

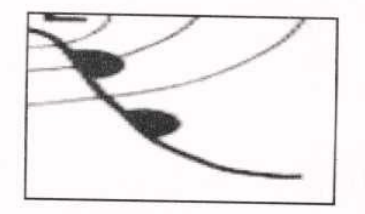
الطقس باللون الأزرق (ش ٨٢) وعلي الخرائط المطبوعة بالرمز الموضـــح بشــكل ٨٣.

٣- **<u>جبهات متحدة Occluded fronts:</u>** هي جبهات تنتج عن التحام الكتل الهوائية الباردة مع الكتل الهوائية الساخنة وذلك في الطبقات القريبة من سطح الأرض وقـــد يغلب عليها طقس الجبهة الباردة أو الجبهة الساخنة ويرمـــز لــها علــي الخرائــط المطبوعة بالرمز الموضح بشكل ٨٤ وتسمى هذه الحالات إما:

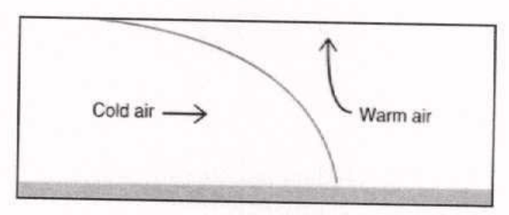
أ- **<u>جبهة متحدة ساخنة Warm Occluded fronts:</u>** إذا مـــا كـــان الـــهواء البارد الموجود خلف الجبهة أقل برودة من الهواء البارد الموجود أمامها (ش ٨٥).

ب – **<u>جبهات متحدة باردة Cold Occluded fronts:</u>** إذا ما كان الهواء البــارد الموجود خلف الجبهة أشد برودة من الهواء البارد الموجود أمامها (ش٨٦).

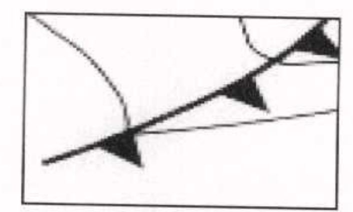
(ش ٨٠) الجبهة الساخنة



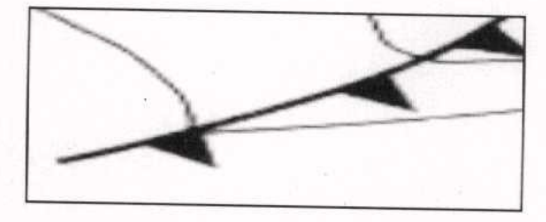
(ش ٨١) الجبهة الساخنة



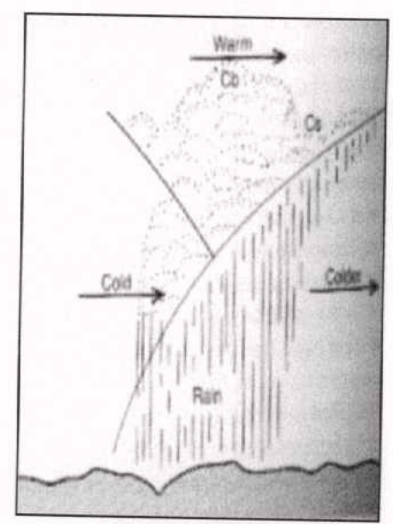
(ش ٨٢) الجبهة الباردة



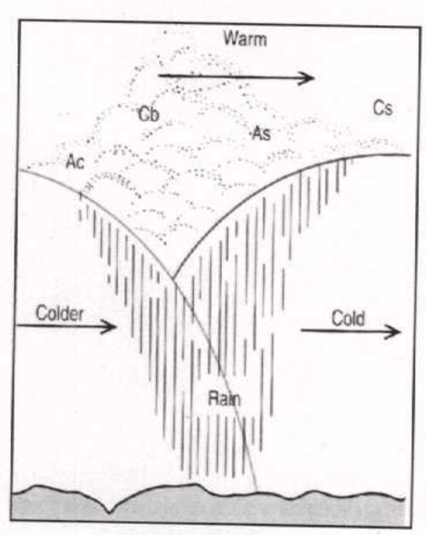
(ش ٨٣) الجبهة الباردة



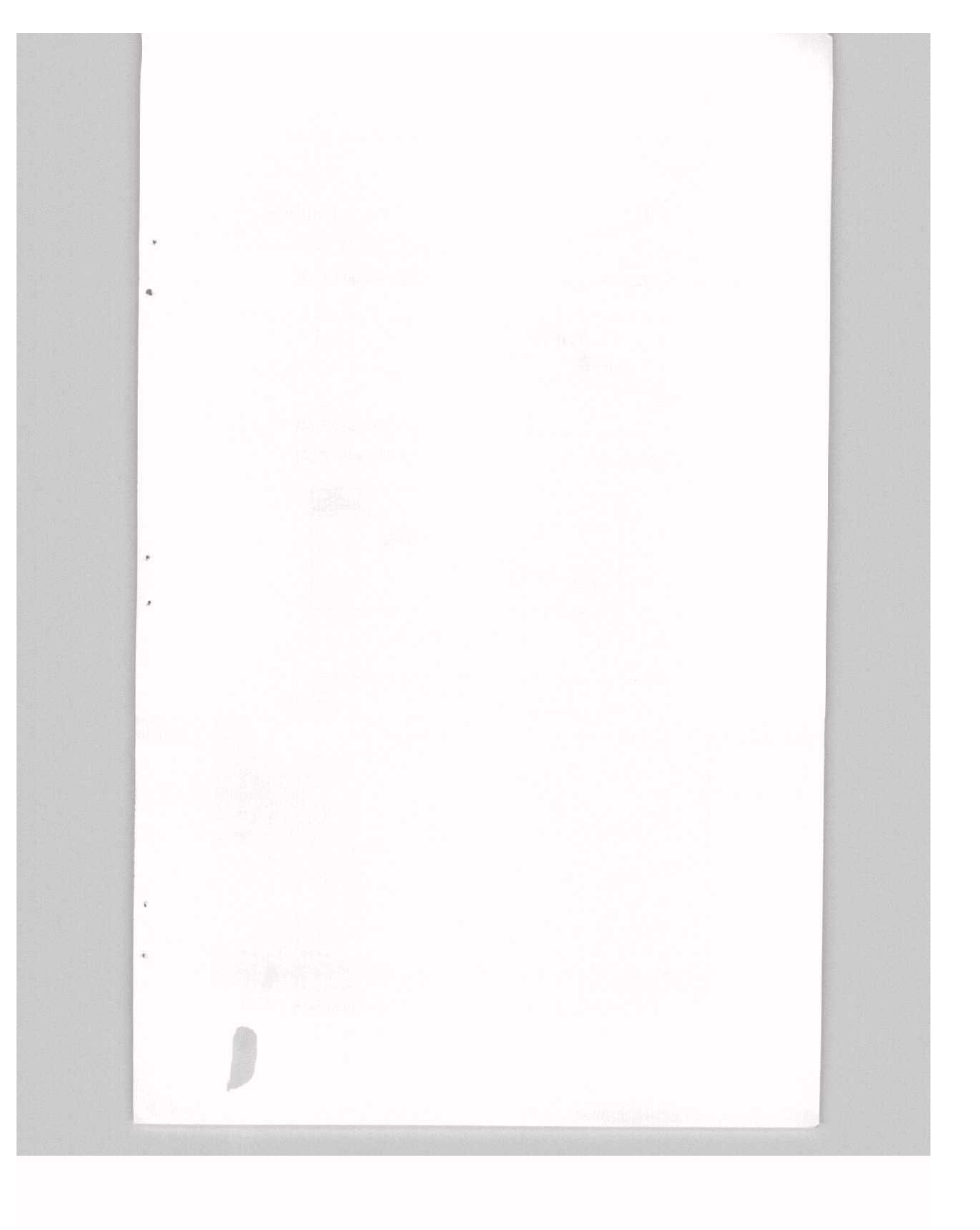
(ش ٨٤) الجبهة المتحدة



(ش ٨٥) جبهة متحدة ساخنة



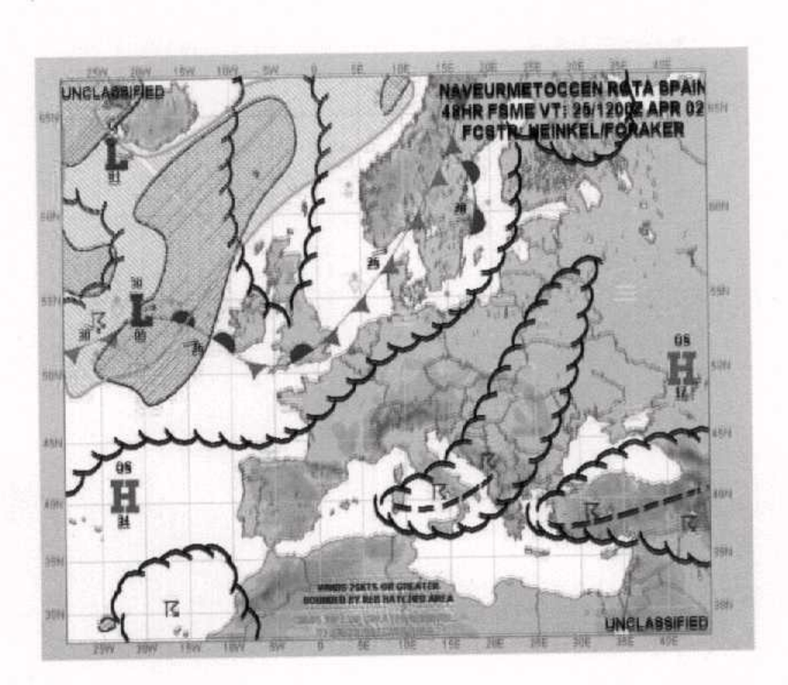
(ش ٨٦) جبهة متحدة باردة

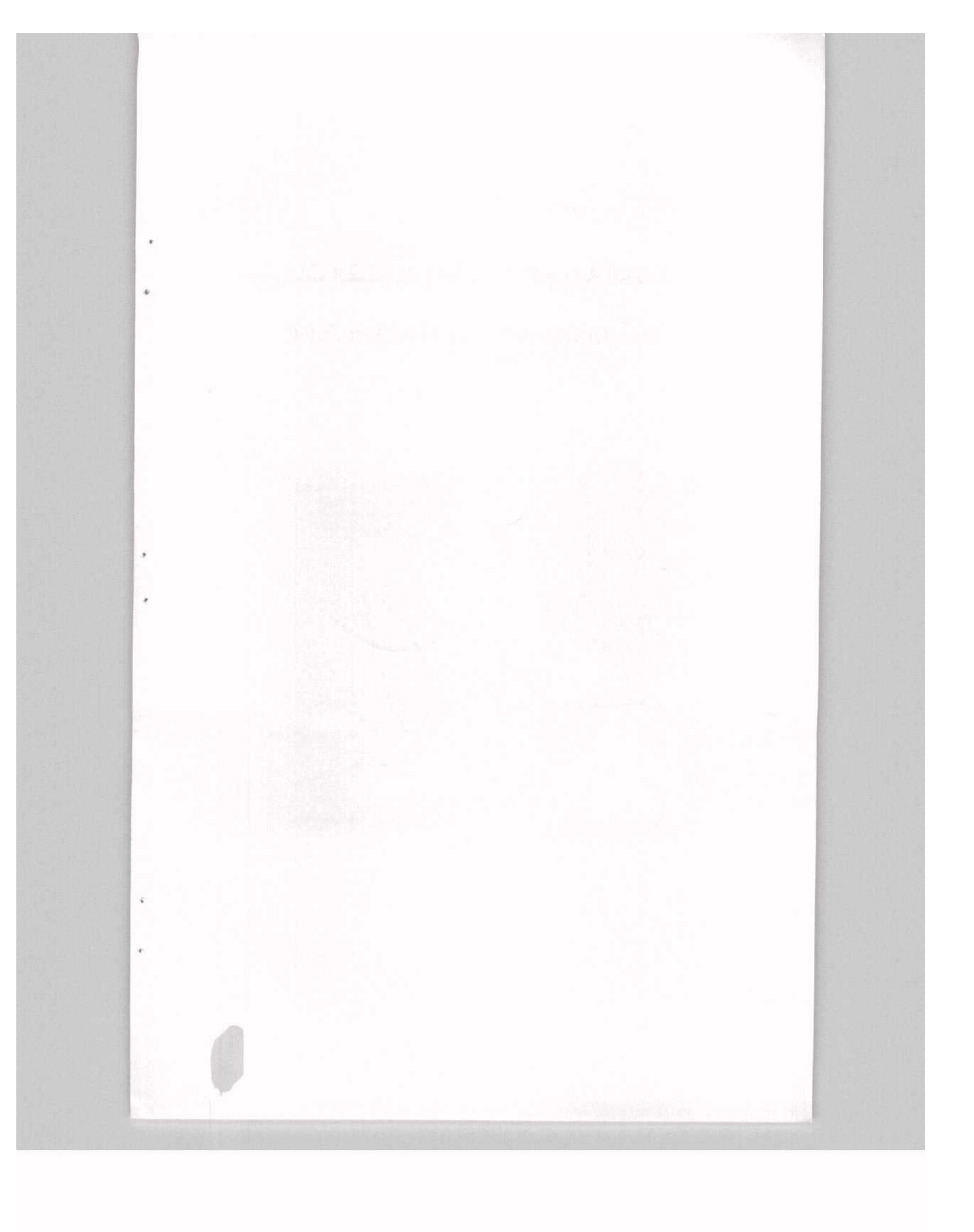


الباب الثالث عشر

توزيعات الضغوط والأحوال الجوية المصاحبة لها

Pressure Distributions and their Associated Weather





الباب الثالث عشر

توزيعات الضغط الجـــوي
والأحوال الجوية المصاحبة لها

Pressure Distributions and

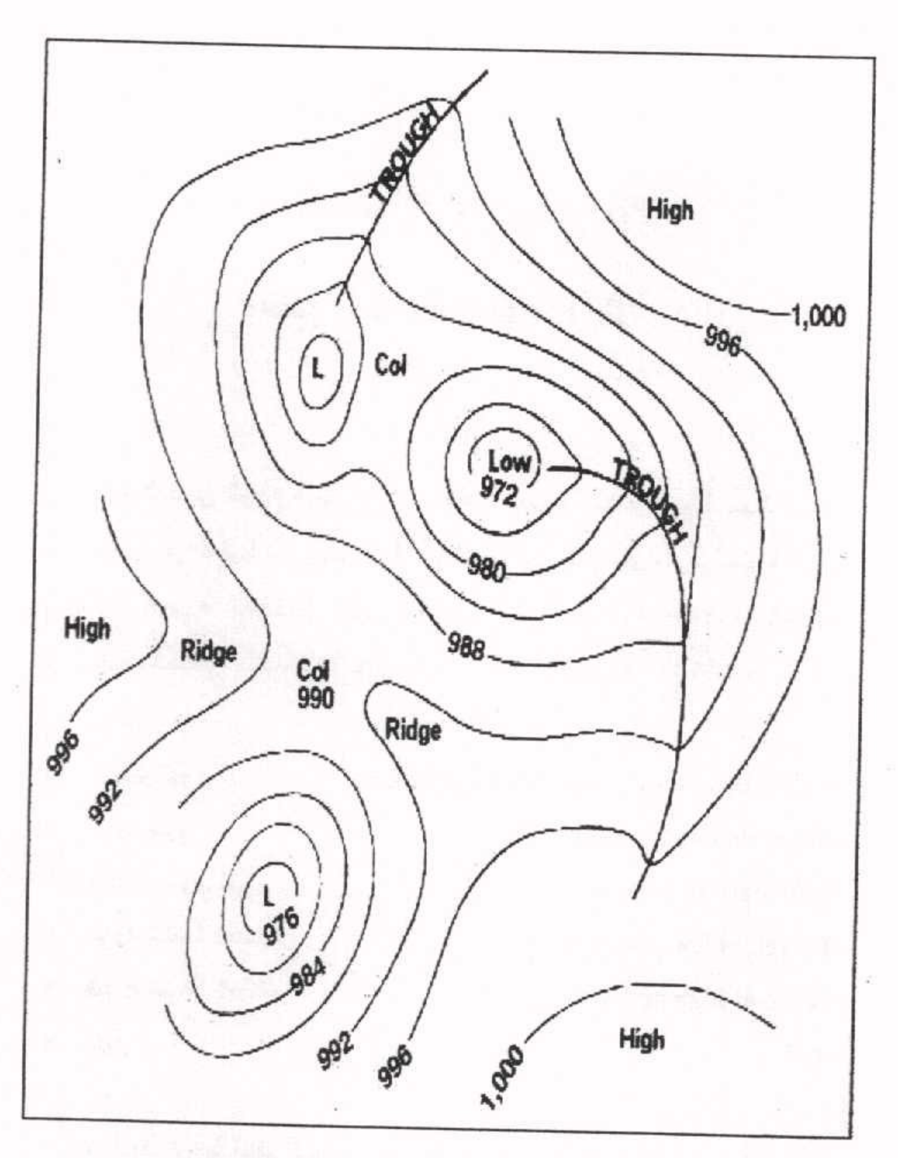
their Associated Weathr

يقوم المتنبئ الجوي بتحليل خرائط الطقس السطحية وذلك برسم خطـــوط تســاوي الضغط الجوي وهى خطوط تمر بالأماكن ذات الضغط الجوي المتساوي وترسم خطوط تساوي الخط عادة كل ٣ أو ٥ هكتوبسكال (ملليـــار) مثــل ١٠٠٥ – ١٠١٠ – ١٠١٥ بالإضافــة لتحديد الجبهات المختلفة. ونتيجة لذلك تظهر بعض أو كل مجموعات الضغط الأساسية التاليـــة (ش ٨٧ a-b).

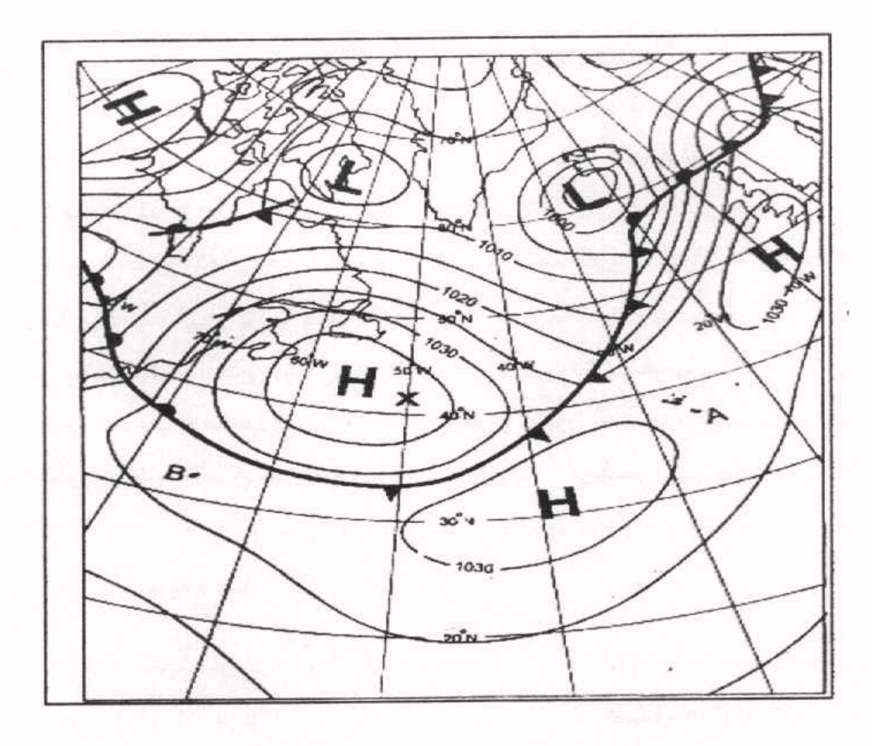
- **منخفض جوي** — **Depression – Cyclone – Low pressure**
- **مرتفع جوي** — **Anticyclone – High pressure**
- **منخفض جوي ثانوي** — **Secondary Depression**
- **أخدود الضغط المنخفض** — **Trough of low pressure**
- **انبعاج الضغط المرتفع** — **Ridge of high pressure**
- **الكول** — **Col**

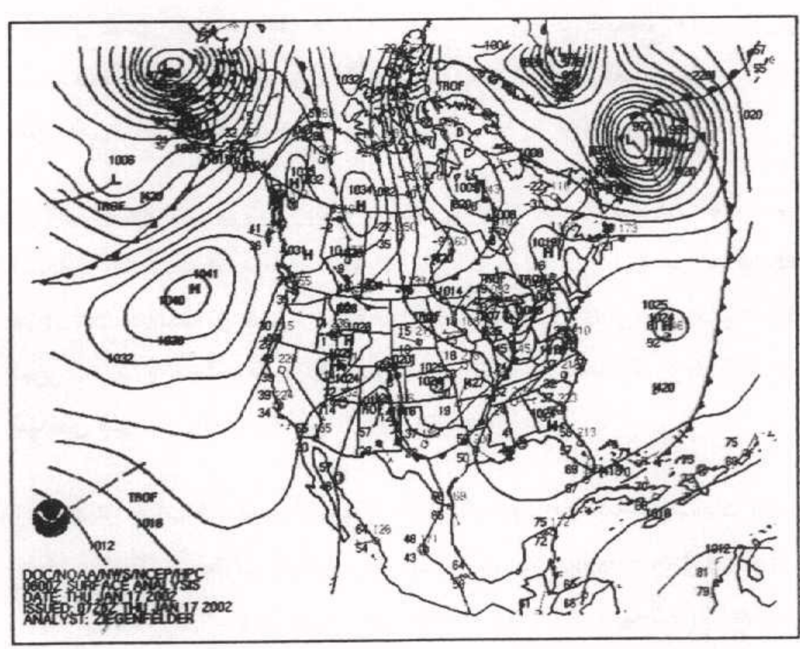
ويتم أعداد خرائط الطقس لطبقات الجو العليا لمستويات ثابتة للضغط الجـــوي (٨٥٠ ، ٧٠٠، ٥٠٠ ، ٣٠٠ ، ٢٠٠ ، ١٠٠ هكتوبسكال) , وتحليل خرائط الطقس لطبقات الجو العليـا

يختلف عنه في خرائط الطقس السطحية، ولهذا ترسم عليها خطوط متساويات الارتفاعات لقيمة الضغط المذكور كل ٤٠ متر كما ترسم خطوط درجات الحرارة كل ٥ درجات مئوية.



(ش ٨٧ a) توزيعات الضغط في خرائط الطقس السطحية





(ش ٨٧ b) توزيعات الضغط في خرائط الطقس السطحية

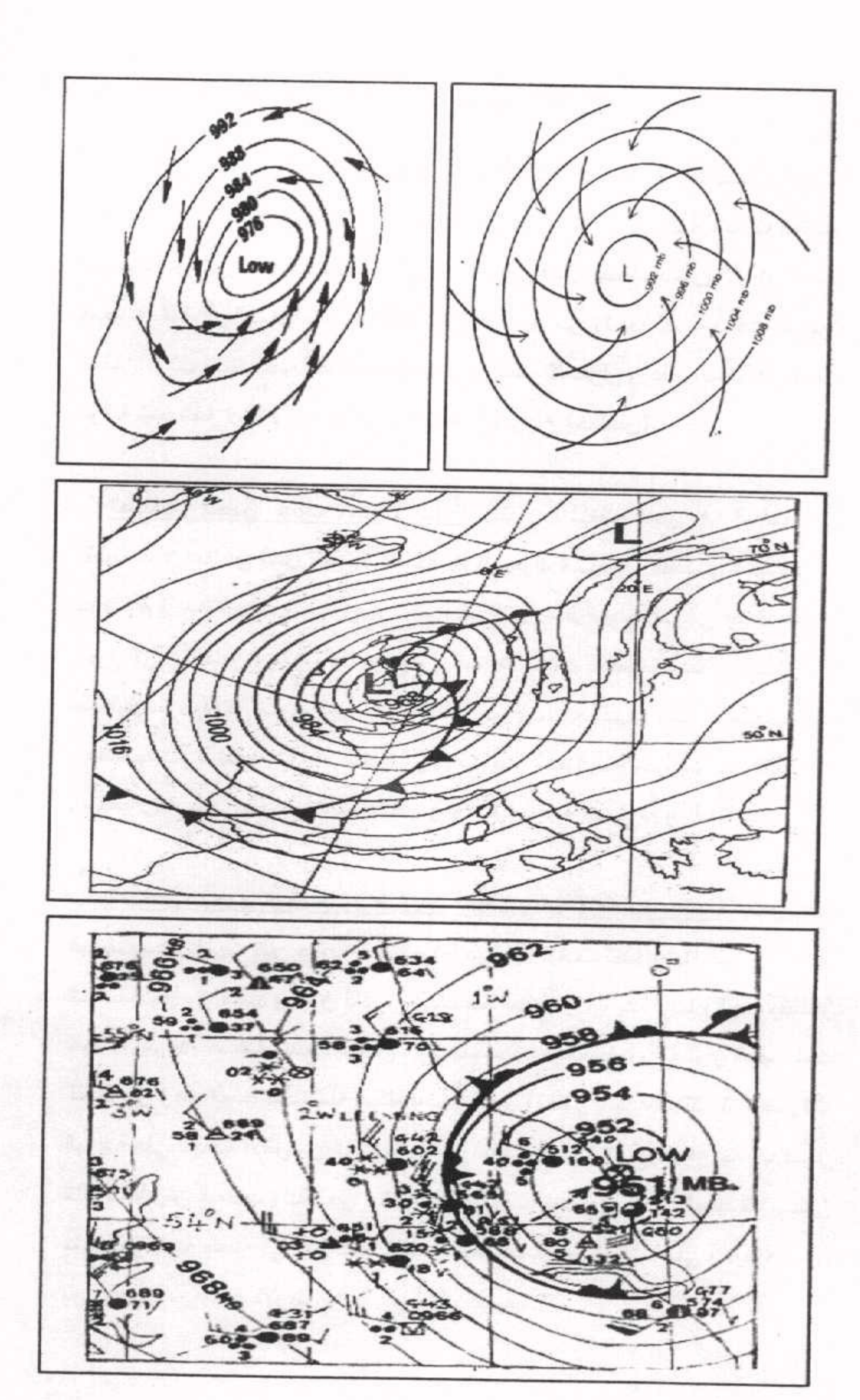
أولا: المنخفض الجوي Cyclone, Depression, Low Pressure: هو

عبارة عن منطقة ضغطها منخفض نسبيا عما يجاورها تحدها مجموعة مقفلة من متساويات الضغط (ش ٨٨) وتكون قيمة الضغط الجوي في مركز المنخفض الجوي أقل قيمة وتزداد كلما ابتعدنا عن المركز وتهب الرياح حول مناطق المنخفض الجوي في اتجاه عكس عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي وفي اتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الجنوبي قاطعة خطوط تساوي الضغط الجوي بزاوية صغيرة (٣٠ °) للداخل نتيجة احتكاكها مع سطح الأرض. ويصاحب المنخفض الجوي تجمع الهواء عند سطح الأرض وتيارات هوائية صاعدة ولهذا فإن الجو المصاحب للمنخفض الجوي يتميز بعدم الاستقرار وبتكون السحب والأمطار وبعض الظواهر الجوية الأخرى مثل العواصف الرعدية والعواصف الرملية ويصاحب المنخفض الجوي أيضا رياح قوية وأمواج عالية. ويتم تصنيف المنخفضات الجوية وفقا لطرق تكوينها والظواهر الجوية المصاحبة لها على النحو التالي:

١- **قيمة الضغط الجوي عند مركز المنخفض الجوي:** تصنف المنخفضات الجوية حسب قيمة الضغط الجوي عند مركز المنخفض الجوي إلى **منخفض عميق Deep Depession** و**منخفض ضحل Sallow Depression** والمنخفض العميق هو المنخفض الجوي الذي يكون الضغط الجوي عند مركزه أقل من ٩٩٠ هكتوبسكال بينما المنخفض الضحل هو المنخفض الجوي الذي يكون الضغط الجوي عند مركزه أكبر من ١٠١٠ هكتوبسكال.

٢- **المسافة بين الأيسوبارت في منطقة المنخفض الجوي:** تصنف المنخفضات الجوية حسب المسافة بين متساويات الضغوط في منطقة المنخفض الجوي إلى **منخفض حاد Steep Depression** و**منخفض ضعيف Slack Depression** , والمنخفض الحاد هو المنخفض الجوي الذي تكون فيه المسافة بين الأيسوبارات صغيرة بينما المنخفض الجوي الضعيف هو المنخفض الذي تكون فيه المسافة بين الأيسوبارات كبيرة.

٣- **الجبهات:** تصنف المنخفضات الجوية إلي **منخفضات جوية مصاحبة للجبهات Frontal Depression** و**منخفضات جوية غير مصاحبة للجبهات Nun-frontal Depression** والمنخفض الجوي ذو الجبهات تصاحبه جبهة ساخنة وجبهة باردة وجبهة اتحادية وهذا النوع من المنخفضات سيتم شرحه بالتفصيل فيما بعد في الباب الرابع عشر.



(ش ٨٨) المنخفض الجوي

والمنخفضات الغير مصاحبة للجبهات تشمل الأنواع التالية:

- **المنخفض الجـوى الحراري Thermal Low:** تتكـون المنخفضـات الجويـة الحرارية نتيجة لاختلاف شدة التسخين في منطقتين متجاورتين وخاصـة عندمـا تختلـف طبيعتهما كأن تكون إحداهما يابسة والأخرى ماء. ففي فصل الصيف تسخن الأرض اليابسة المحاطة بالماء أو الصحراء بشدة وبذلك يتكون انخفاض جوي نتيجة لقلـة كثافـة الـهواء الساخن. والجو المصاحب لهذه المنخفضات يتميز بعدم الاستقرار ورياح مصحوبة بمطبات هوائية شديدة مع ارتفاع ملحوظ في درجة الحرارة (رياح الخماسين).

- **المنخفض القطبي Polar Depression:** يتكون المنخفض القطبي في المناطق القطبية أو في مناطق الكتل الهوائية القطبية عندما يتحرك الـهواء القطبـي الشـديد البرودة فوق محيط مفتوح ساخن فيتم تسخين الهواء من أسفل ويبدأ بالتـالي الضغـط الجوي في الانخفاض ويتكون هذا النوع من المنخفضات الجوية أحيانا مـع الريـاح الشمالية الموجودة في الجزء الغربي من منخفض جوي مصحـوب بجبهـة متحـدة ويصاحب هذه المنخفضات عدم استقرار وتيارات حمل شديدة ينتج عنها سحاب ركـام وسحاب ركام مزني مع رخات من المطر وعواصف رعدية مصحوبة برياح شديدة.

- **المنخفض الجوي المصاحب للتضاريس Orographic Depression:** يتكون هـذا المنخفض عندما يهب تيار عريض من الهواء علي جبل فيحدث تخلخل لهذا الـهواء عنـد الجانب الآخر من الجبل ويتكون أخدود من الضغط المنخفض وبزيادة ارتفاع الجبل وكـبر حجمه تزيد هذه الخلخلة وينتج منخفض جوي يعـرف بـالمنخفض الجـوي المصـاحب للتضاريس وهذه المنخفضات شبه ساكنة بالنسبة للجبل وتختفي بمجرد أن تقل شدة التيارات الهوائية علي الجانب الآخر من الجبل فأن التيار الهوائي الهابط ورياح الفوهن تتسبب فـي خلو السماء من السحاب ولذلك فأن مناطق هذه المنخفضات الجوية فـي الصيـف تكـون مشمسة وساخنة وجافة في حين تتسبب هذه المنخفضات في فصل الشتاء في وجود هـواء بارد بالقرب من سطح الأرض يؤدي إلي تكون الضباب.

• <u>المنخفض الجوي الاستوائي (الإعصار الاستوائي الدوار)</u>

Tropical Revolving Storms (TRS)

تظهر هذه المنخفضات في المحيطات الساخنة قرب خط الاستواء في مناطق الرياح التجارية بين خطي عرض ٥ ° و ١٥ ° شمالا وجنوبا وتتحرك من نقطة شرقية إلى نقطة غربية بسرعة بطيئة تقل في معظم الأحيان عن ١٥ عقدة وتهب فيها الرياح تحت تأثير قوة تدرج الضغط والقوة الطاردة المركزية لذلك تكون خطوط تساوي الضغط الجوي بها مستديرة ومساحتها صغيرة إذا يتراوح قطرها بين ٥٠ و ٥٠٠ كم كما أن هذا النوع من المنخفضات يكون عميق حيث يكون الضغط الجوي عند مركز المنخفض الجوي في حدود ٩٦٠ هكتوبسكال ويصاحب هذا النوع من المنخفضات عدم استقرار شديد وسحب ركامية مزنية وأمطار غزيرة وعواصف رعدية وتوجد في مركز الإعصار منطقة تسمي بعين الإعصار وقطرها حوالي ١٠ – ٢٠ كم وهي منطقة خالية من السحب والرياح بها خفيفة إلى معتدلة ولهذا النوع من المنخفضات أسماء محلية تختلف من مكان إلي آخر وهذا النوع من المنخفضات سيتم شرحه بالتفصيل فيما بعد في الباب السادس عشر.

<u>قواعد حركة المنخفضات الجوية Depressions Movement Rules :</u>

١- تتحرك جميع المنخفضات الجوية من نقطة غربية إلي نقطة شرقية ماعدا <u>المنخفض الجوي الاستوائي (الإعصار الاستوائي الدوار)</u> يتحرك من نقطة شرقية إلي نقطة غربية.

٢- تميل المنخفضات الجوية إلي الحركة فوق المسطحات المائية أكثر من الحركة فوق اليابسة.

٣- المنخفضات الجوية المصاحبة للجبهات تميل للحركة في اتجاه يوازي خطوط تساوي الضغط الجوي في قطاعها الساخن.

٤- تتحرك المنخفضات الجوية سريعا في اتجاه الأماكن التي ينخفض فيها الضغط الجوي.

٥- تتحرك المنخفضات الجوية سريعا بعيدا عن الأماكن التي يرتفع فيها الضغط الجوي.

<u>ثانيا: المرتفع الجوي Anticyclone, High pressure:</u> هو عبارة عن منطقة ضغطها مرتفع نسبيا عما يجاورها تحدها مجموعه مقفلة من متساويات الضغوط وتكون قيمة الضغط الجوي في مركز المرتفع الجوي أكبر قيمة وتقل كلما ابتعدنا عن المركز (ش ٨٩)،

وتهب الرياح حول المرتفع الجوي في اتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي وفي اتجـاه مضاد لعقارب الساعة في نصف الكرة الجنوبي قاطعة خطوط تساوي الضغط الجـوي بزاويـة صغيرة للخارج (٣٠ °) وذلك بسبب احتكاك الرياح مع سطح الأرض. ويصـاحب المرتفـع الجوي عملية هبوط **Subsidence** للهواء والطقس المصاحب للمرتفع الجوي يكـون عـادة مستقرا والسماء صافية وقد يكون مصحوبا بتكون ضباب خاصة قرب مركز المرتفـع الجـوي يستمر لعدة أيام كما يحدث في منطقة أوروبا في فصل الشتاء وقد تتكون السحب الطبقية بعيـدا عن المركز. والمرتفعات الجوية عادة تميل إلى البقاء فوق الأماكن الباردة ولذلك فهي تتمركـز في فصل الشتاء فوق اليابسة وفى فصل الصيف فوق البحار. ويتم تصنيف المرتفعات الجويـة التي تظهر على خرائط الطقس حسب خصائصها وطرق تكوينها إلي:

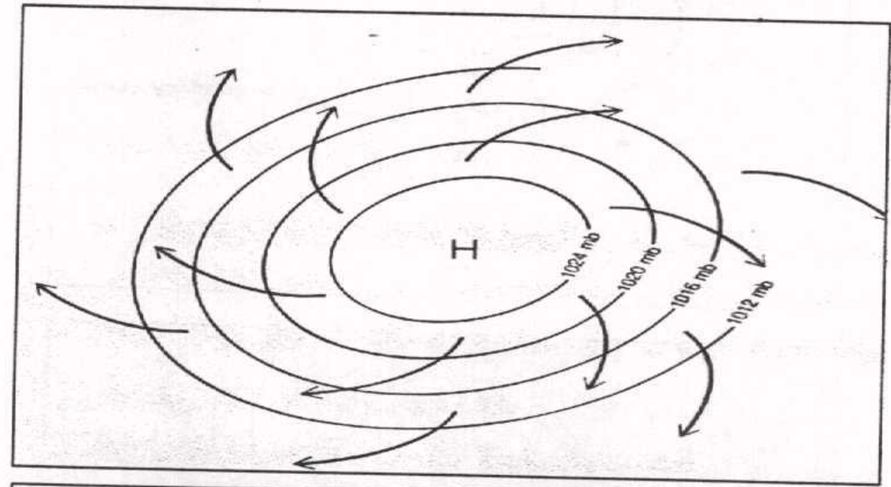
١: المرتفع الجـوى الدائـم Permanent Anticyclone: وهى مرتفعات جوية تبقـى طوال وقت السنة على منطقة معينه وأهمها المرتفعات الجوية بعـد المداريـة **Subtropical Anticyclones** التي تبقى طوال السنة حول خطى عرض ٣٠° شمالا وجنوبا وهى تتكـون نتيجة هبوط الهواء مع الدورة الهوائية العامة وتشتد قوتها فوق اليابسـة فـي فصـل الشـتاء وتضعف في فصل الصيف نتيجة لارتفاع درجة حرارة الهواء فوق اليابسة.

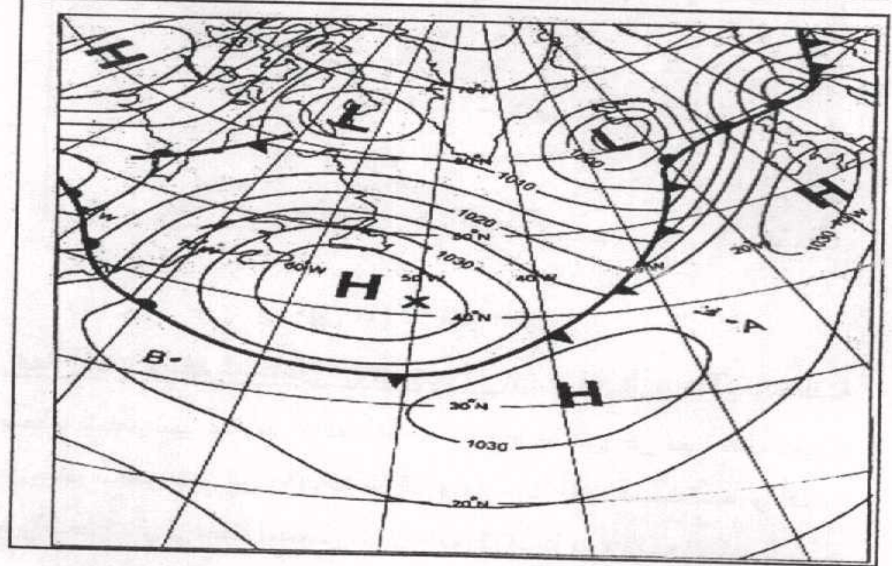
٢: المرتفع الجـوى شبه الدائـم Semi – Permanent Anticyclone: وهى مرتفعات جوية تتكون خلال فصل الشتاء فوق الأماكن الشديدة البرودة ومن أهمها مُرتفع سيبريه الجـوي الذي يبقى طوال فصل الشتاء تقريبا.

٣: المرتفع الجوى المتنـقل Moving Anticyclone: وهى مرتفعات جوية تتكون بيـن المنخفضات الجوية ذات الجبهات في خطوط العرض المتوسطة وتتحرك مع هذه المنخفضـات من نقطة غربية إلى نقط شرقية.

٤: المرتفعات الجـوية البـاردة والساخنة Cold and Warm Anticyclones: يتـم تصنيف المرتفعات الجوية من حيث خصائصها الحرارية إلى مرتفعات جوية باردة ومرتفعـات جوية ساخنة ومن المعروف أنه عند هبوط الهواء داخل المرتفعات الجوية يتم تسـخين الـهواء ذاتيا، فإذا كان معدل التبريد عند سطح الأرض أكبر من هذا التسخين يسمى المرتفع الجوي فـي

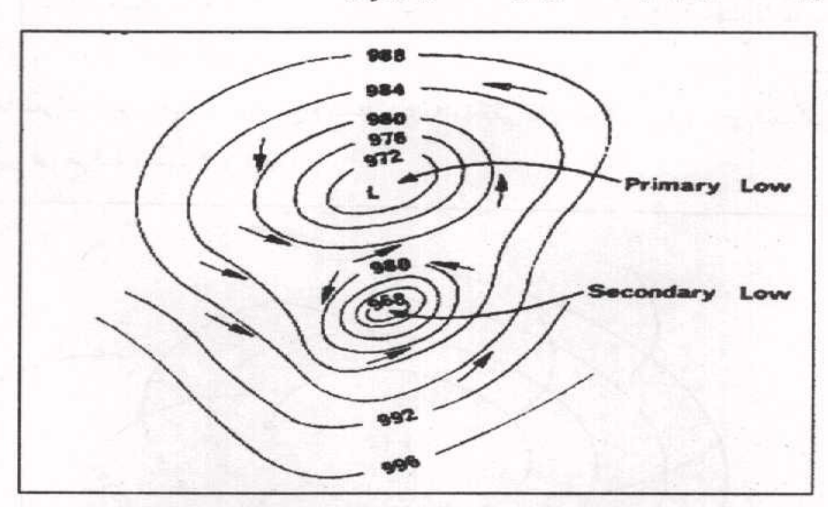
هذه الحالة "مرتفع جوى بارد" مثل مرتفع سيبريه الجوي. أما إذا كانت درجة حرارة سطح الأرض لا تؤثر على التسخين الذاتي للهواء الهابط يسمى المرتفع الجوي في هذه الحالة " جوي ساخن".وبصفة عامة فأن المرتفع الجوي البارد لا يمتد إلي ارتفاعات عالية حيث لا يمتد لأكثر من حوالي ٣ كم ولذلك لا يظهر هذا النوع من المرتفعات في خرائط طبقات الجو العليا بينما المرتفع الجوي الساخن يمتد إلي ارتفاعات عالية وبالتالي فأن المرتفع الجوي الساخن يظهر في خرائط طبقات الجو العليا.

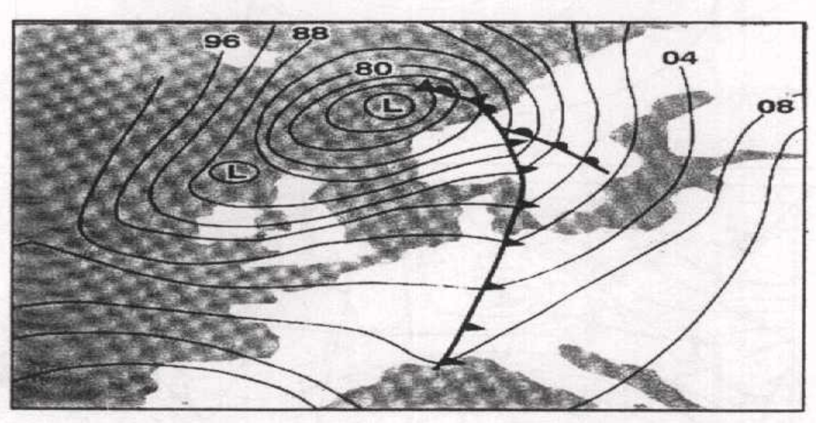




(ش ٨٩) المرتفع الجوي

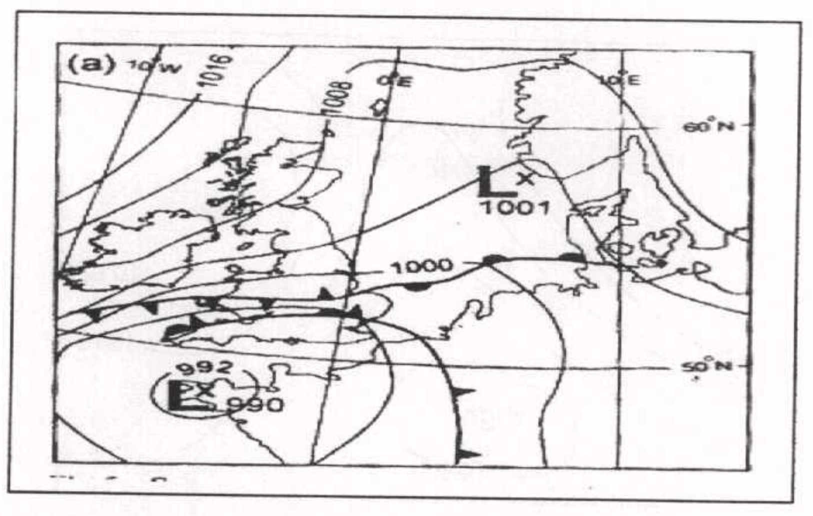
ثالثا: المنخفض الثانوي Secondary Depression: هـو منخفـض جـوي صغير (ش ٩٠) يوجد في منطقة منخفض جوي كبير يتبع حركته ويدور حوله في اتجاه مضاد لعقارب الساعة وأحيانا يتحد معه ويكونا منخفض جوي واحد.

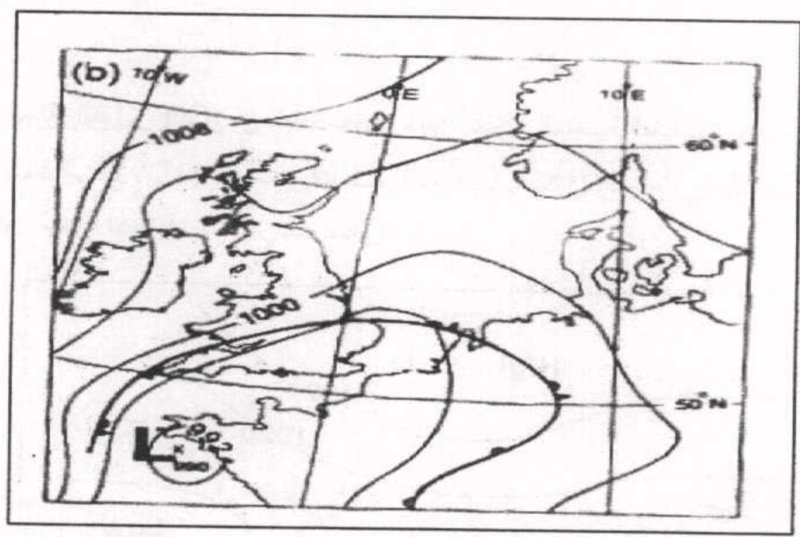




(ش ٩٠) المنخفض الثانوي

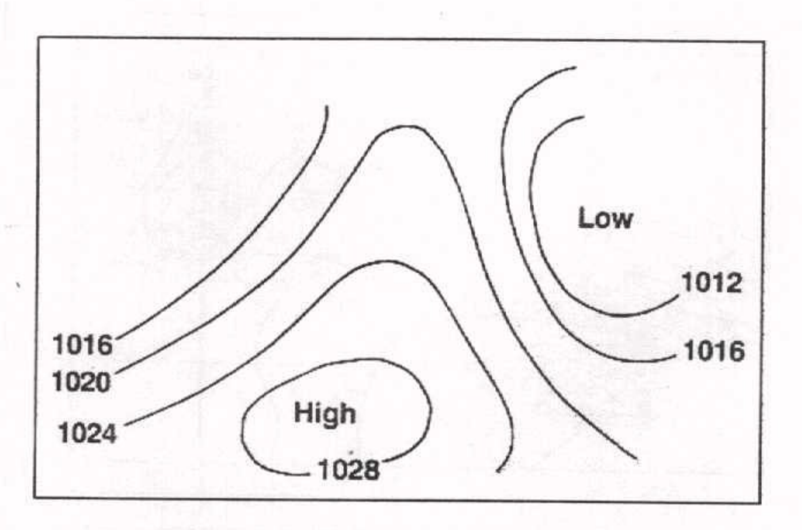
رابعا: أخدود الضغط المنخفض Trough of Low Pressure: هو منطقـة ضغطها منخفض نسبيا عما يجاورها ذات خطوط تساوي ضغط جوي غير مغلقة ممتدة للخـارج من منطقة منخفض جوي (ش ٩١) والضغط الجوي في منطقة أخدود الضغط المنخفض أكـبر من الضغط الجوي في منطقة المنخفض الجوي والأحوال الجوية في منطقـة أخـدود الضغـط المنخفض أقل سوءا من الأحوال الجوية في منطقة المنخفض الجوي





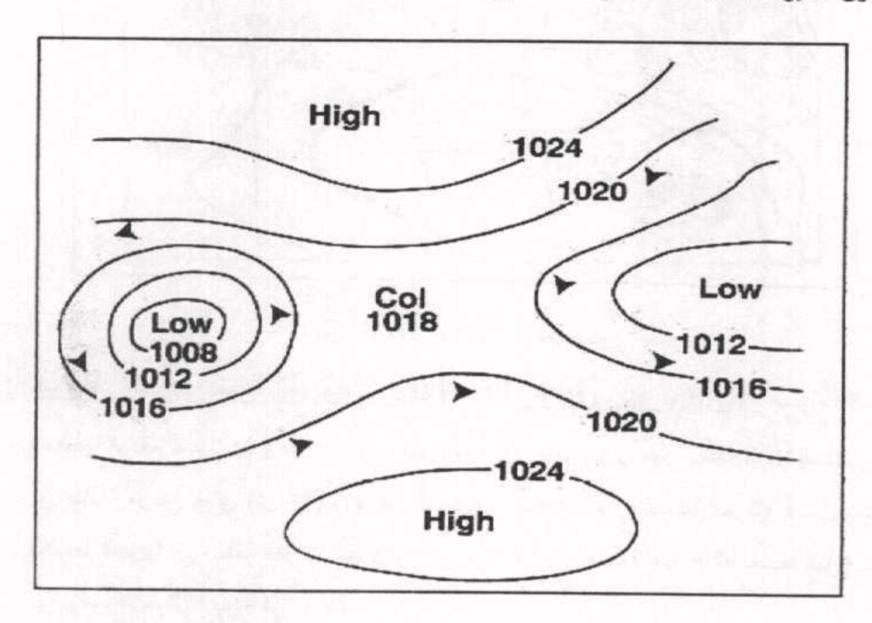
(ش ٩١) أخدود الضغط المنخفض

خامسا: انبعاج الضغط المرتفع Ridge of High Pressure: هو منطقة ضغطها مرتفع نسبيا عما يجاورها ذات خطوط تساوي ضغط جوي غير مغلقة ممتدة للخارج من منطقة مرتفع جوي (ش ٩٢) والضغط الجوي في منطقة انبعاج الضغط المرتفع أقل من الضغط الجوي في منطقة المرتفع الجوي والأحوال الجوية في منطقة انبعاج الضغط المرتفع أسوء من الأحوال الجوية في منطقة المرتفع الجوي.



(ش ٩٢) انبعاج الضغط المرتفع

سادسا: الكول Col: هي منطقة محصورة بين منطقتين للضغط المنخفض ومنطقتين للضغط المرتفع لا يمكن رسم متساويات ضغوط جوية بها (ش ٩٣) والرياح في منطقة الكول تكون متغيرة الاتجاهات ذات سرعات صغيرة.



(ش ٩٣) الكول

الأحوال الجوية المصاحبة لمجموعات الضغط الجوي المختلفة:

أولا: **الأحوال الجوية المصاحبة للمنخفض الجوي:**

- انخفاض الضغط الجوي يكون مصحوب بالحركة الرأسية للهواء إلي أعلا.

- الأحوال الجوية المصاحبة لكل منخفض جوي تعتمد على الظروف السائدة في وقت حدوث المنخفض الجوي ونوع المنخفض الجوي .

- الأحوال الجوية المصاحبة للمنخفض الجوي ذو الجبهات تعتمد على موقع الجبهة الساخنة أو الجبهة الباردة أو القطاع الساخن وسيتم شرح الأحوال الجوية المصاحبة للمنخفض الجوى ذو الجبهات في الباب الرابع عشر الخاص بنظرية الجبهة القطبية لتكوين المنخفضات الجوية.

- الأحوال الجوية المصاحبة للمنخفض الجوي الحراري هي عدم استقرار شديد وارتفاع في درجة حرارة الهواء مع رياح شديدة وعواصف رملية وعواصف ترابية ووجود مطبات هوائية وتقل الرؤية ونظرا لعدم وجود كميات كافية من بخار الماء فلا توجد كميات كبيرة من السحاب. وبعض هذه المنخفضات في حالة توافر بخار الماء تكون مصحوبة بأمطار علي نطاق واسع.

- في حالة وجود منطقة تفرق **divergence** في طبقات الجو العليا في التربوسفير تؤدى إلى انخفاض في الضغط الجوي عند سطح الأرض.وعليه يظهر منخفض جوى على خرائط الطقس السطحية وبالتالي تبدأ حركة صعود للهواء إلى أعلا على نطاق واسع وتقل درجة استقرار الهواء. فإذا كان الهواء رطبا تتكون السحب على نطاق واسع وقد يصاحبها هطول.

ثانيا : **الأحوال الجوية المصاحبة للمرتفع الجوي:**

- حركة الهواء تكون رأسيا إلي أسفل.

- استقرار في الهواء يكون أكبر ما يمكن بالقرب من المركز.

- إذا كان الهواء جافا فإن الطقس يكون صحوا والرياح خفيفة متغيرة ويتكون النـــدى أو الصقيع ليلا.

- إذا كان الهواء رطبا يتكون الضباب أو الشبورة في الصباح الباكر في الشتاء أمـــا فـــي النهار فإن الانقلاب الحراري الناتج عن الحركة المزجية يؤدى إلى تكون السحب الطبقيـــة Stratus أو سحب الركام الطبقي Stratocumulus كما أن الرذاذ الخفيف يمكـــن أن يحدث.

- بعيدا عن مركز المرتفع الجوي تشتد قوة الرياح ويكون الهواء أقل استقرارا.

- الأحوال الجوية الفعلية المصاحبة للمرتفع الجوي تعتمد إلى درجة كبيرة علـــى طبيعـــة الأرض التي يتحرك عليها الهواء. وعليه يتأثر باستقرار وكمية الرطوبـــة الموجـــودة فـــي الطبقات السفلي.

- حركة الهواء لأسفل Subsidence المصاحبة للمرتفعات الجوية تحد من نمو السحب لأعلا.

ثالثا: <u>الأحوال الجوية المصاحبة لانبعاج الضغط المرتفع:</u>

- حركة الهواء الرأسية تكون إلي أسفل.

- الهواء في الانبعاج يكون مستقرا نسبيا لتأثره بالحركة الهابطة للهواء.

- الأحوال الجوية المصاحبة لانبعاج الضغط المرتفع تشابه الأحوال الجويـــة المصاحبـــة للمرتفع الجوى.

رابعا : **الأحوال الجوية المصاحبة لأخدود الضغط المنخفض:**

الأخدود عادة يكون إما مصاحبا لجبهة أو غير مصاحبا لجبهة فإذا كان الأخدود مصحوبا بجبهة فإن الأحوال الجوية المصاحبة للأخدود تكون في هذه الحالة هي الأحوال الجوية المصاحبة للجبهة.

أما إذا كان الأخدود غير مصاحبا لجبهة فإن منطقة الأخدود تكون منطقة انخفاض نسبي في الضغط الجوي وتتكون منطقة تجمع **Convergence** على السطح، وبالتالي فأن الأحوال الجوية المصاحبة لأخدود الضغط الجوي المنخفض هي حركة رأسية للهواء إلي أعلا وعدم استقرار وتتكون سحب الركام والركام المزني ويسوء الطقس وتحدث رخات من المطر مصحوبة أحيانا بعواصف رعدية وتقل الرؤية في الرخات.

خامسا : **الأحوال الجوية المصاحبة لمنطقة الكول:**

منطقة الكول هي منطقة تكون فيها الرياح متغيرة الاتجاه وذات سرعات خفيفة والطقس يعتمد على خواص الكتلة الهوائية الموجودة في منطقة الكول كالأتي:

- أذا كانت المنخفضات الجوية هي الأقرب لمنطقة الكول فالأحوال الجوية المصاحبة للكول هي عدم استقرار مع وجود سحاب الركام والركام المزني مع حدوث رخات من المطر مصحوبة أحيانا بعواصف رعدية.
- أذا كانت المرتفعات الجوية هي الأقرب لمنطقة الكول فالأحوال الجوية المصاحبة للكول هي استقرار مع وجود سحب طبقية يسقط منها أحيانا رذاذ, وفي حالة توافر كميات كبيرة من بخار الماء يتكون الضباب والشبورة في الصباح الباكر.

سادسا : **الأحوال الجوية المصاحبة للتيارات الهوائية Stream Weather :**

أ- الأحوال الجوية المصاحبة للتيارات الهوائية الباردة Cold Stream Weather:

عندما يكون الهواء أبرد عن السطح الذي يتحرك فوقه فإنه في هذه الحالة يسخن من أسفل وبالتالي يكون أقل استقرارا. والسحب المصاحبة لهذا الهواء هي سحاب الركام **Cumulus** والتي غالبا ما تتحول إلى الركام المزني **Cumulonimbus** ويصاحبها سقوط رخات من المطر والتي يصاحبها غالبا عواصف رعدية وتقل الرؤية أثناء رخات المطر.

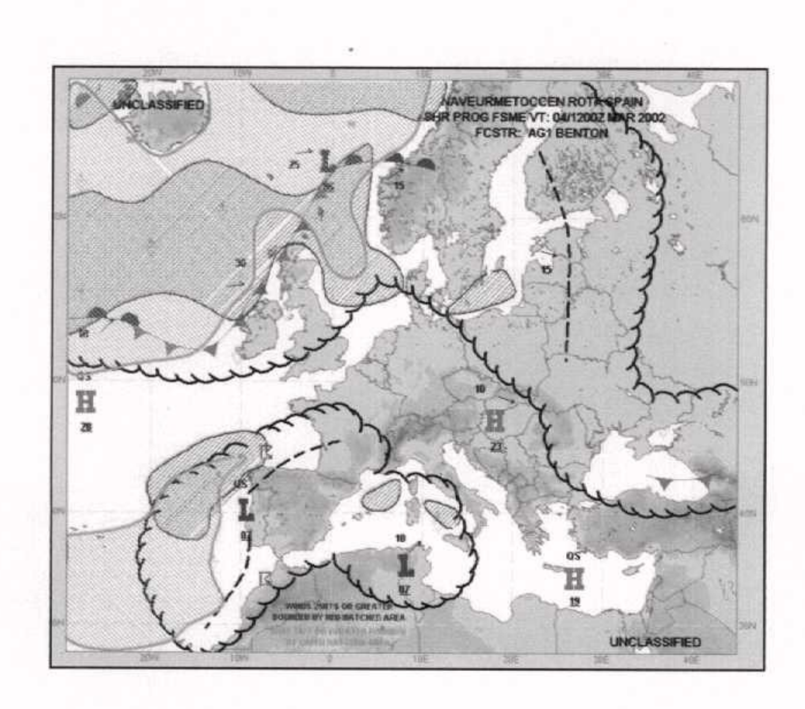
ب – الأحوال الجوية المصاحبة للتيارات الهوائية الساخنة Warm Stream Weather:

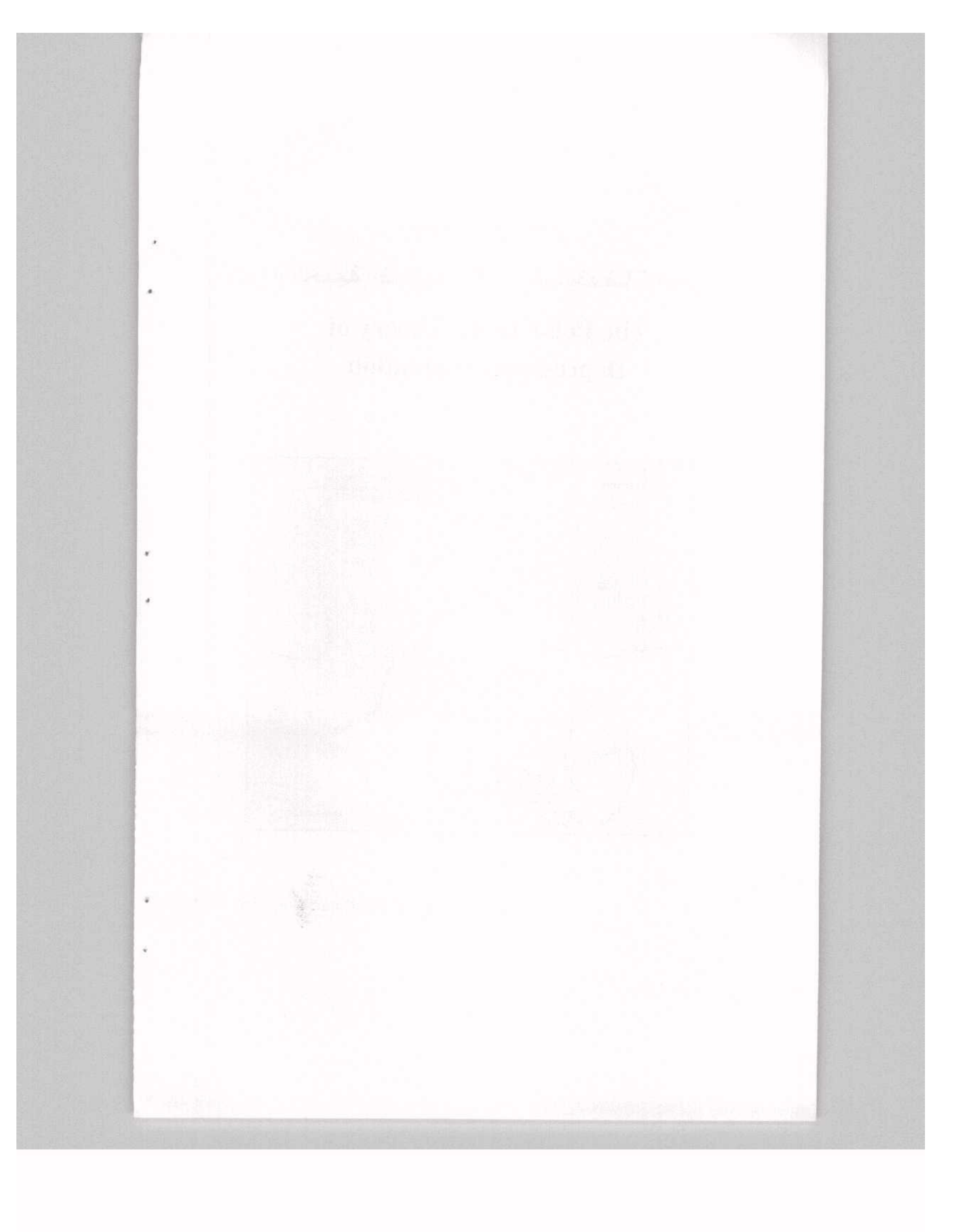
عندما يبقى الهواء لبعض الوقت فوق مساحة ساخنة ثم ينتقل أو يهب فوق أرض أبـــرد، فـــإن الهواء يفقد حرارته من أسفل وبالتالي يصبح أكثر استقرارا. فإذا سار هذا التيار فـــوق المحيـــط فإن الطبقة السفلي من الهواء تصبح مشبعة ببخار الماء وبالتالي يكون الطقس مستقرا ويتكـــون الضباب أو الشبورة أو السحب الطبقية المنخفضة في حالة توافر بخار الماء.

الباب الرابع عشر

نظرية الجبهة القطبية لتكوين المنخفضات الجوية

The Polar Front Theory of Depressions Formation





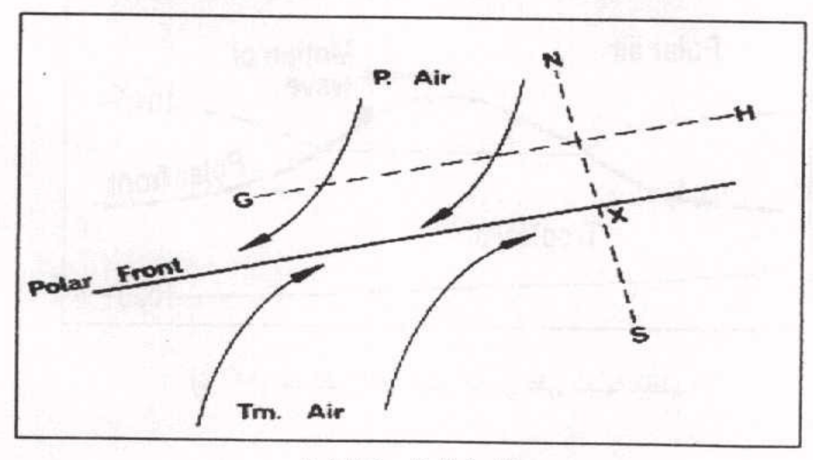
الباب الرابع عشر

نظـرية الجبـــهة القطـــبية لتكوين المنخفضات الجوية

The Polar Front Theory of Depressions Formation

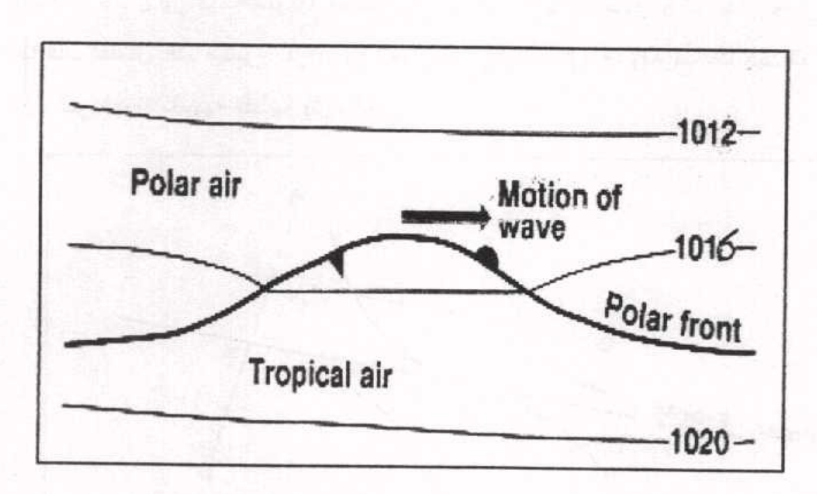
نظـرية الجبـــهة القطبية هي النظرية التي تفسر تكون وتطور المنخفضـــات الجوية ذات الجبهات في خطوط العرض المتوسطة والعالية. وفيما يلي ملخـــص مبســـط لـــهذه النظرية في نصف الكرة الشمالي هذا ويمكن تطبيق نفس القواعد بالنسبة لنصف الكرة الجنوبـــي بالنسبة للكتل الهوائية والرياح السائدة.

١- تكون الجبهة القطبية Polar Front Formation: إذا تقابلت كتلتين هوائيتين مختلفتين كتلة هوائية قطبية **(Polar Air)** باردة وكتلة هوائية مدارية **(Tropical Air)** ساخنة حـــدث بينهما حد فاصل بين الكتلة الهوائية القطبية الباردة والكتلة الهوائية المدارية الساخنة ويظهر عنـد هذا الحد الفاصل عدم استمرار في درجة الحرارة والرطوبة والرياح. ويعرف هذا الحد الفـاصل بين كتلتي الهواء بالجبهة القطبية (ش٩٤).

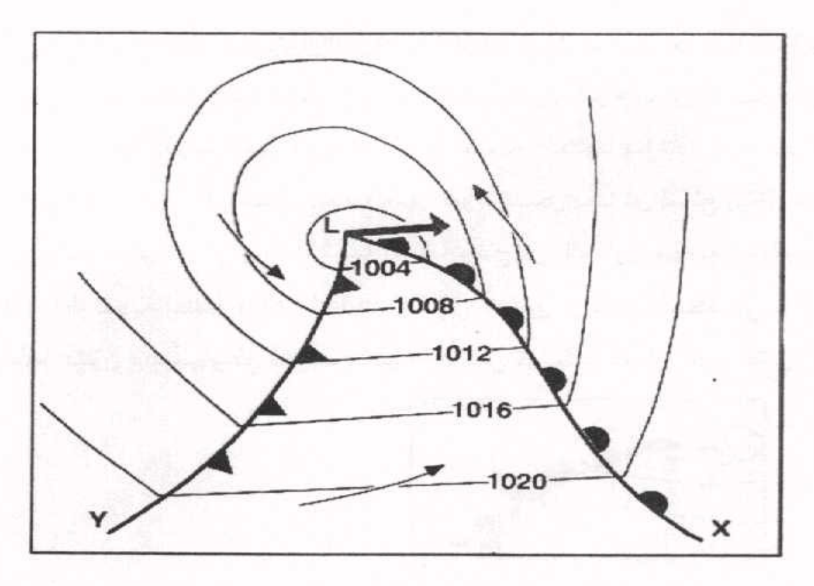


(ش ٩٤) الجبهة القطبية

٣- **تكون المنخفضات الجوية Depressions Formation:** نظرا لأنه عند الجبهة القطبيـة لا تبقى الحالة مستقرة حيث يحدث اضطراب موجي على طول الجبهة القطبية ينتج عنـه نتوء عند قمة الاضطراب الموجي (ش ٩٥) وفى نفس الوقت ينخفض الضغط الجـوي لأن هواء أخف وأدفأ حل محل هواء بارد ثقيل ويستمر الوضـع حتـى تتكـون دورة ريـاح انخفاض حول منطقة الضغط المنخفض ويتسع هذا الاضطراب الموجي ويـزداد بالتـالي النتوء تدريجيا ويستمر الهواء الدافئ في دفع الهواء البارد أمامه ويترتب على ذلك تعمـق المنخفض الجوي **Deeping** ويبدأ تكون الجبهة الساخنة **Warm Front** حيث أن الهواء المداري الساخن يدفع الهواء القطبي البارد أمامه ويحل محله على الجهـة الشـرقية مـن النتوء , كذلك تتكون الجبهة الباردة **Cold Front** حيث أن الهواء القطبي البـارد يحـل محل الهواء المداري الساخن على الجهة الغربية من النتوء. ويتم التقاء الجبهتان عند مركز النتوء وبذلك يتكون منخفض جوى ذو جبهات (ش ٩٦) وتسمي المنطقة المحصورة بيـن الجبهة الساخنة والجبهة الباردة بالقطاع الساخن ويبدأ المنخفض الجوي في الحركة ومعـه الجبهات ويكون خط سير مركز المنخفض الجوي عادة موازيا لاتجاه الرياح فـي القطـاع الساخن من نقطة غربية إلي نقطة شرقية (عادة من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي).



(ش ٩٥) بدء تكون المنخفض الجوي علي الجبهة القطبية



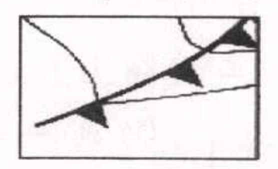
(ش ٩٦) تكون المنخفض الجوي

ويمكن تعريف الجبهة الساخنة والجبهة الباردة كما يلي:

أ – **الجبهة الساخنة Warm Front**: الجبهة الساخنة يكون الهواء الموجود أمامها هو الهواء البارد بينما يكون الهواء الموجود خلفها هو الهواء الساخن ويرمز للجبهات الساخنة علي خرائط الطقس باللون الأحمر وعلي الخرائط المطبوعة أو علي خرائط الفاكسيملي بالرمز التالي:

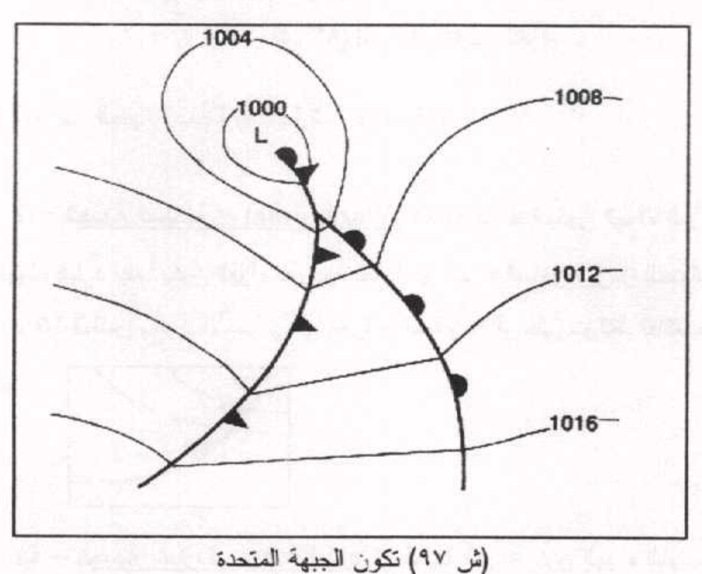


ب – **الجبهة الباردة Cold Front**: الجبهة الباردة يكون الهواء الموجود أمامها هو الهواء الساخن بينما يكون الهواء البارد موجود خلفها ويرمز للجبهات الباردة علي خرائط الطقس باللون الأزرق وعلي الخرائط المطبوعة أو علي خرائط الفاكسيملي بالرمز التالي:



٣- **تكون الجبهة المتحدة Occluded Front Formation**: باستمرار حركة المنخفض الجوي تتناقص مساحة القطاع الساخن (لأن حركة الجبهة الباردة أسرع من حركة الجبهة الساخنة) ونتيجة لاقتراب الجبهة الباردة من الجبهة الساخنة واتحادهما معا ابتداء من المركز يتلاشى القطاع الساخن في منطقة الاتحاد ويصعد الهواء الساخن بعيدا عن السطح ويتقابل مع الهواء البارد الذي كان موجودا أمام الجبهة الساخنة وينتج عن ذلك تكون جبهة تعرف بالجبهة المتحدة أو الجبهة الختامية **Occluded Front** (ش ٩٧) ويرمز للجبهة المتحدة علي خرائط الطقس باللون البنفسجي وعلي الخرائط المطبوعة أو علي خرائط الفاكسيملي بالرمز التالي:



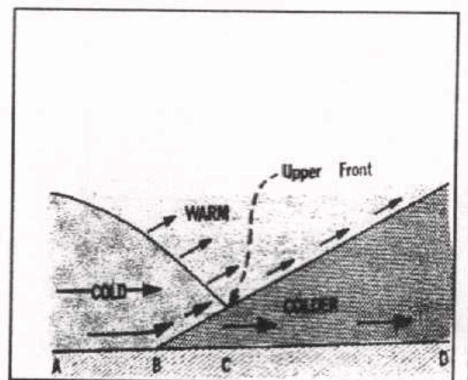


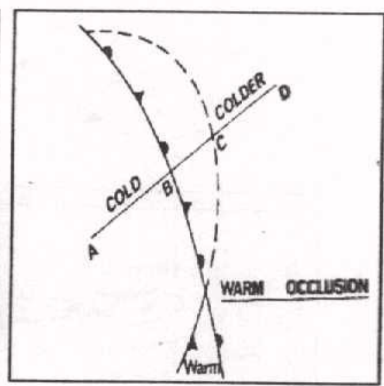
(ش ٩٧) تكون الجبهة المتحدة

والجبهة المتحدة إما أن تكون:

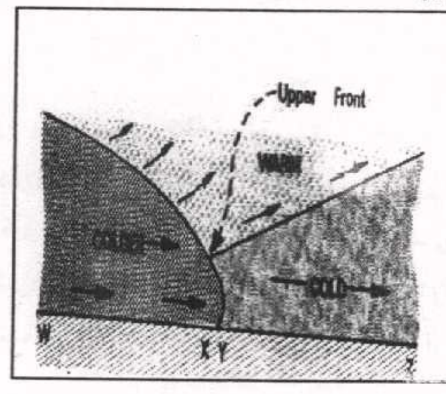
أ – **جبهة متحدة ساخنة Warm Occluded Front**: وفى هذه الحالة يكون الهواء البارد الموجود خلفها أقل برودة من الهواء البارد الموجود أمامها (ش ٩٨).

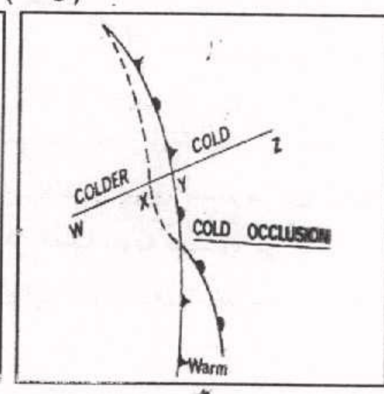
ب – **جبهة متحدة باردة Cold Occluded Front:** وفى هذه الحالة يكون الـهواء البارد الموجود خلفها أبرد من الهواء البارد الموجود أمامها (ش ٩٩).





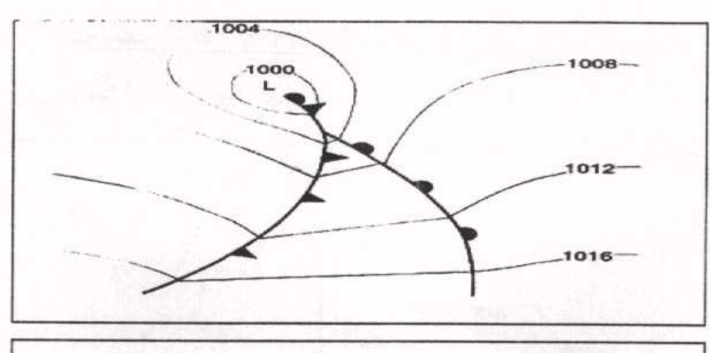
(ش ٩٨) جبهة متحدة ساخنة

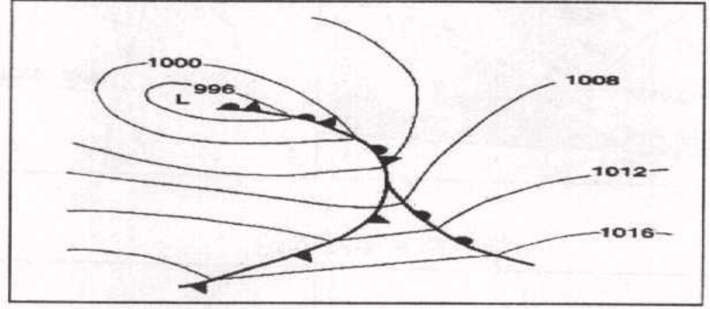




(ش ٩٩) جبهة متحدة باردة

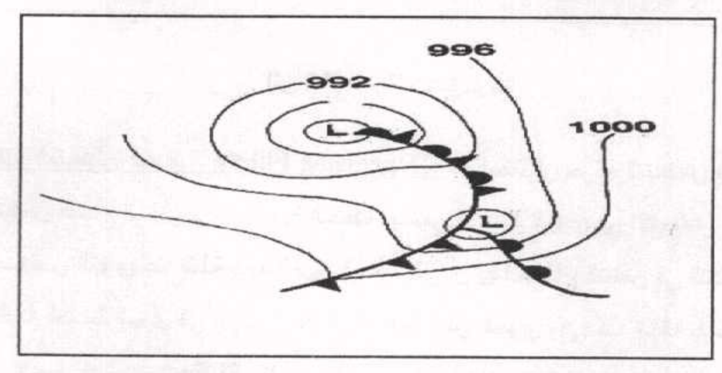
٤ – **امتلاء المنخفض الجوي Depression Filling:** مع استمرار حركة المنخفض الجـوي يستمر تناقص القطاع الساخن وتمتد الجبهة المتحدة ويستمر الضغط الجوي في الانخفاض عنـد مركز المنخفض الجوي عند نقطة بداية الجبهة المتحدة إلى أن يبدأ القطاع الساخن في التلاشـي تدريجيا فيبدأ الضغط الجوي في الارتفاع عند مركز المنخفض الجوي وفى هذه الحالة يقـال أن المنخفض الجوي قد امتلأ **Filling** (ش ١٠٠) وبعد فترة يختفي القطـاع السـاخن ويصبـح المنخفض الجوى محاطا بالهواء البارد على جانبي الجبهة المتحدة وتتقارب صفات الهواء البـارد على الجانبين وتتلاشى الجبهة المتحدة ويمتلئ المنخفض الجوى وتنتهي حياته.





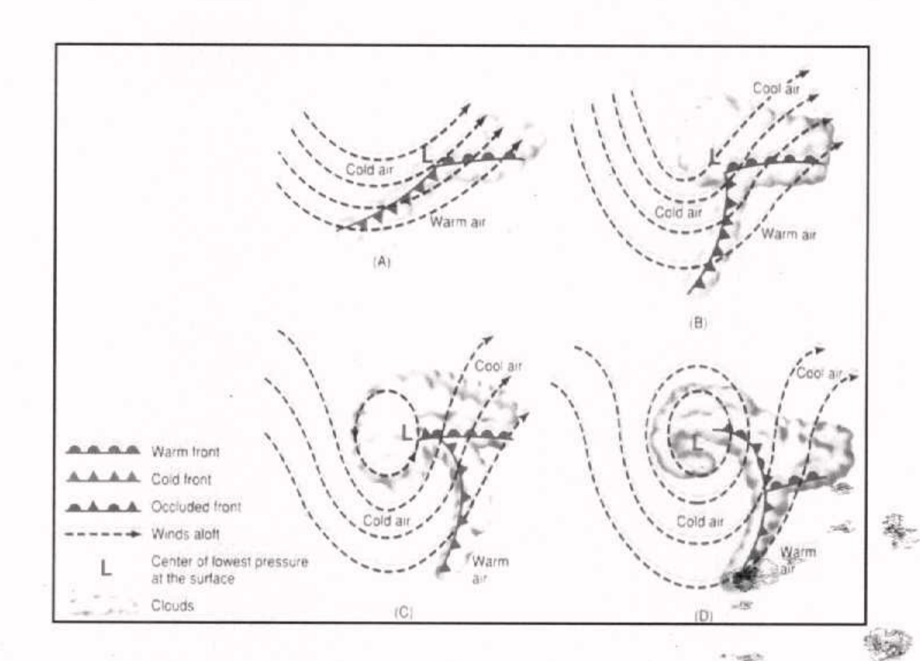
(ش ١٠٠) امتلاء المنخفض الجوي

وقد يحدث أن تهب كتلة هوائية باردة جدا على هذا المنخفض الجوي وبذلك يتكـــون منخفــض جوى جديد ذو جبهات بسرعة دون الحاجة للمرور بدور التكوين السابق شــــرحه لأن الـــهواء يكون مكتسبا لخاصية الدوران حول المركز وتسمي هذه العملية بعودة الحيـــاة فـــي المنخفــض الجوي **Regeneration** (لأن الهواء البارد جدا يمثل الهواء البارد والهواء الموجود أصلا فـــي المنخفض الجوي يمثل الهواء الساخن) (ش ١٠١).

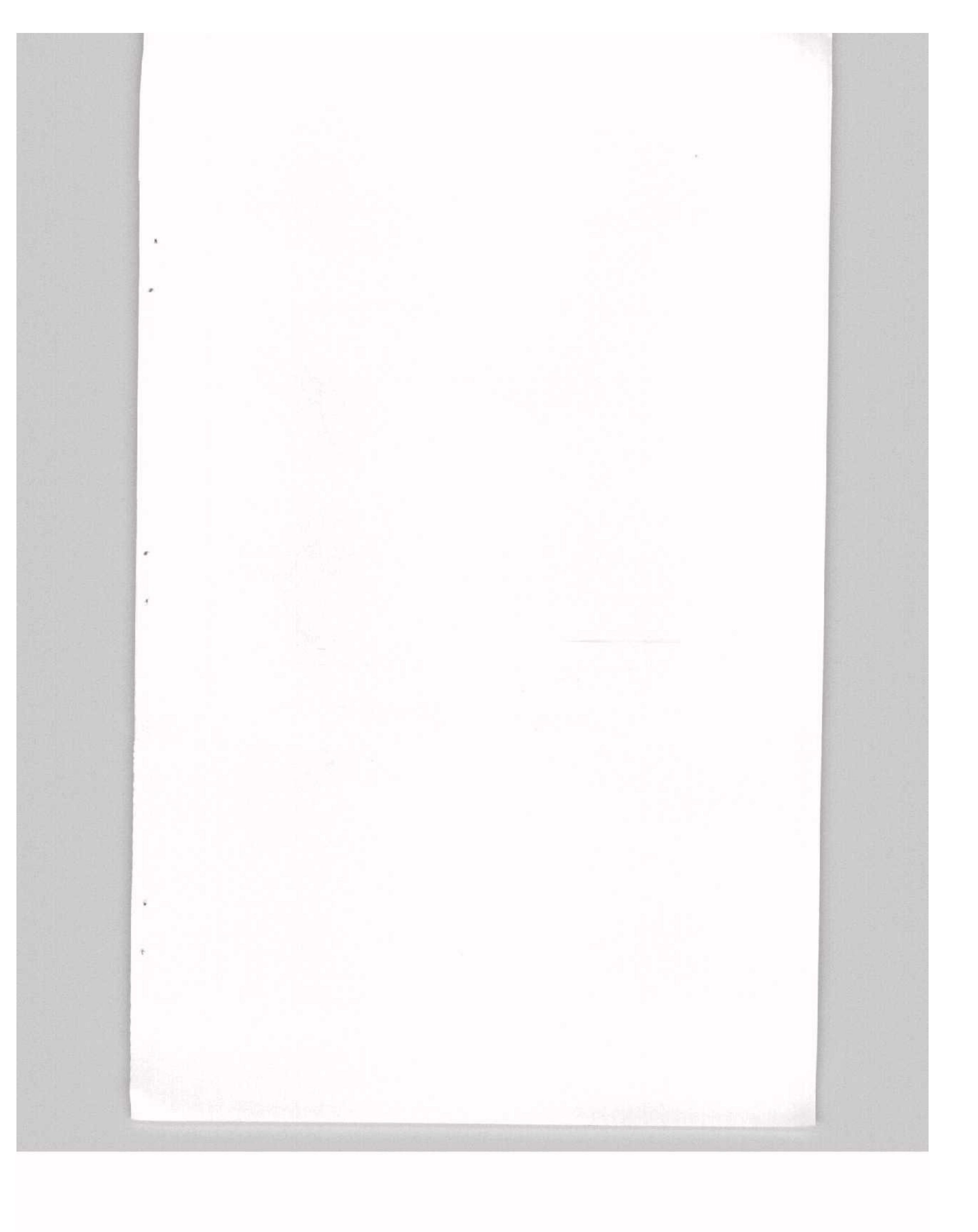


(ش ١٠١) تكون منخفض جوي جديد (عودة الحياة في المنخفض الجوي)

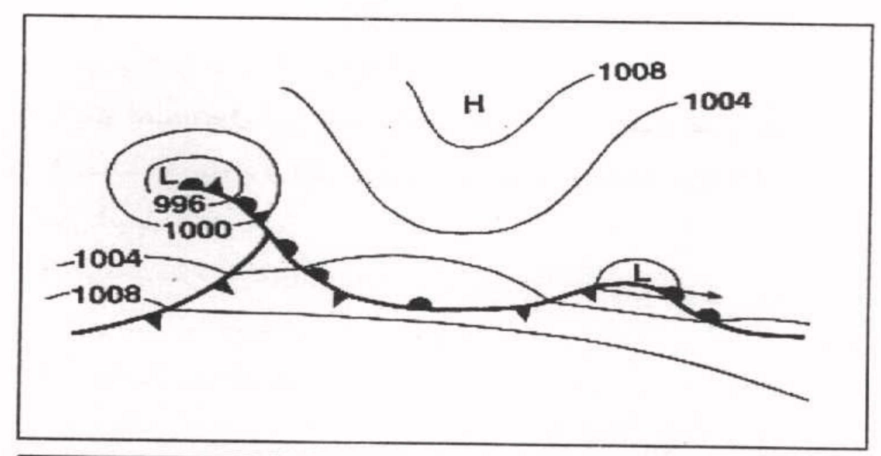
وشكل ١٠٢ يوضح تكون المنخفض الجوي ذو الجبهات بشكل عام

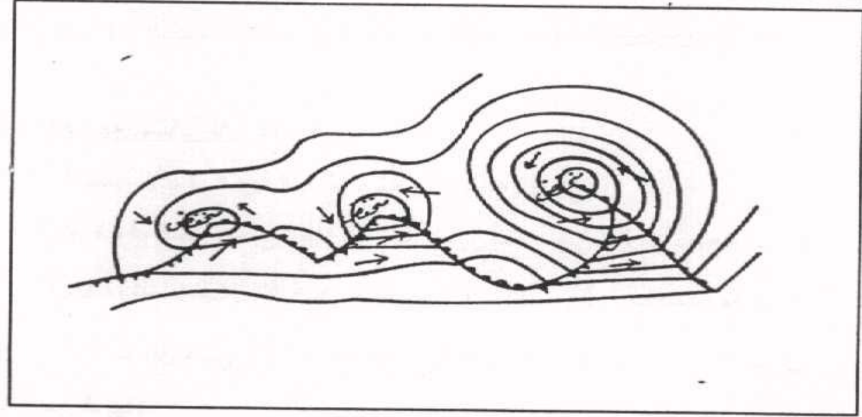


(ش ١٠٢) تكون المنخفض الجوي ذو الجبهات



٥- **سلسلة المنخفضات الجوية Family of Depressions:** وتحدث هذه السلسلة من المنخفضات الجوية (ش ١٠٣) عندما يتكون أحيانا على امتداد الجبهة القطبية عددا من الموجات فيتولد عليها عددا من المنخفضات الجوية وقد يصل عددها من ٣ – ٦ منخفض جوي.





(ش ١٠٣) سلسلة المنخفضات الجوية

الأحوال الجوية المصاحبة لمنخفض جـوي ذو جبهات: كما تبين مما سبق أن المنخفض الجوي يصاحبه في البداية جبهة ساخنة وجبهة باردة وفي مرحلة متقدمة يضاف إليهما جبهة ثالثة هي الجبهة المتحدة وهذه الجبهة المتحدة أما أن تكون جبهة متحدة ساخنة أو جبهة متحدة باردة وبصفة عامة يمكن ملاحظة ما يأتي:

١- سطح الجبهة الساخنة يميل على سطح الأرض بزاوية تبلغ تقريبا نصف زاوية ميـــل سطح الجبهة الباردة على سطح الأرض.

٢- يصاحب سطح الجبهة الباردة عادة بالقرب من سطح الأرض بروز ناتج عـــن تـــأخر سطح الجبهة الباردة عن سطح الأرض بفعل احتكاك هذا السطح مع ســطح الأرض، يسمى هذا البروز باسم (أنف الجبهة).

٣- لا يمكن تعميم الأحوال الجوية المصاحبة للمنخفض الجوي ذو الجبهات علـــى جميـــع المنخفضات الجوية، إذ أن الظواهر الجوية التي تصاحب أي منخفض جوى تتوقـــف على العوامل الآتية:

- درجة الاستقرار في الهواء الساخن.
- كمية بخار الماء الموجودة في الهواء الساخن.
- درجة ميل سطح الجبهة.

<u>وفيما يلي شرح للأحوال الجوية التي تصاحب المنخفض الجوي ذو الجبهات بصفة عامة:</u>

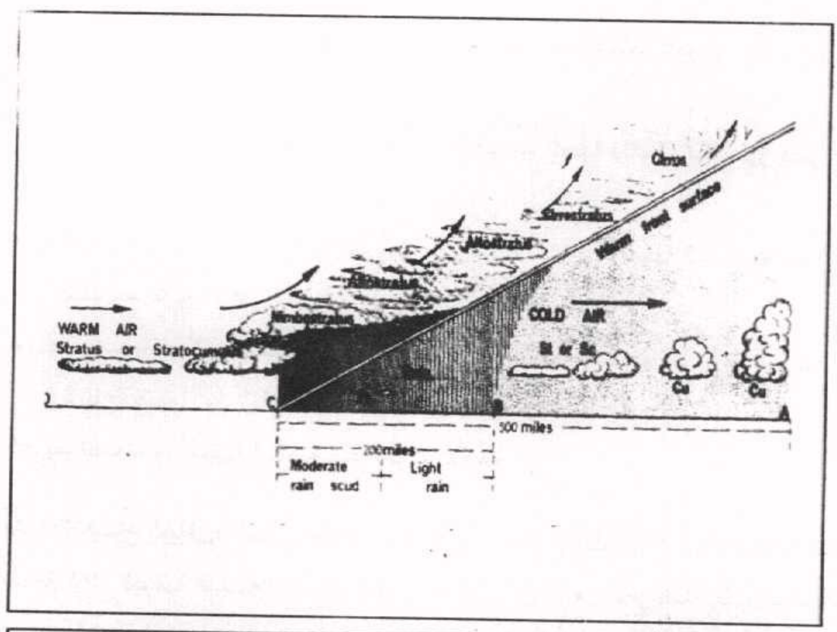
<u>أولا :الجبـــهة الساخنة (ش ١٠٤):</u>

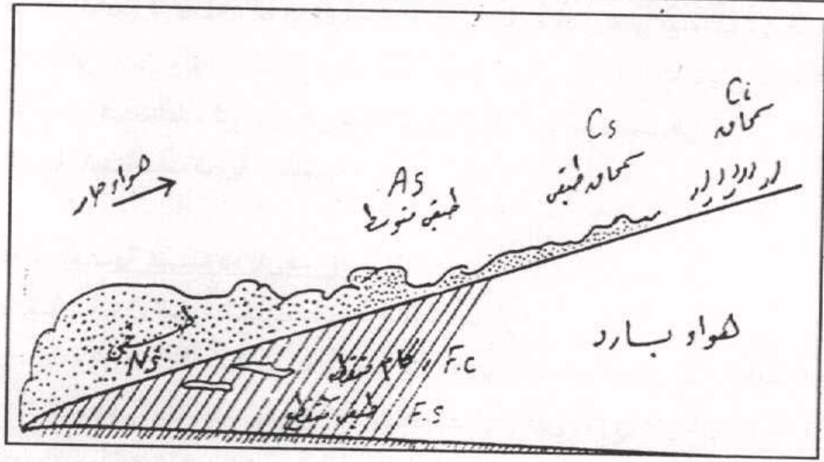
تتلخص الأحوال الجوية المصاحبة للجبهة الساخنة فيما يلي:

١- يتسلق الهواء الساخن سطح الجبهة الساخنة وتتكون سحب على طول ســطح الجبهـــة الساخنة وتأخذ الأشكال الآتية على الترتيب: طبقي مزني N_s - طبقـــي متوســـط A_s – سمحاق طبقي C_s - سمحاق C_i (يظهر السمحاق على بعد ٦٠٠ ميـــل من الجبهة).

٢- يتساقط من سحب الطبقي المزني هطول غزيرة على شكل مســـتمر أو متقطـــع مـــن المطر أو الثلج كما أن الهطول يتساقط بدرجة أقل غزارة من سحب الطبقي المتوسط حيث لا يتمكن أحيانا من الوصول إلى سطح الأرض لتبخـــره فـــي الـــهواء البـــارد الموجود تحت سطح الجبهة.

٣- يحدث نتيجة تبخر الأمطار في الهواء البارد الموجود تحت سطح الجبهة تكون بعـــض السحب من الركام المتقطع F_c أو الطبقي المتقطع F_s أو تكون الضبـــاب عنـــد سطح الأرض.





(ش ١٠٤) الجبهة الساخنة

٤- عندما يحتوي الهواء الساخن علي كمية قليلة من بخار الماء كما يحدث في منطقة الشرق الأوسط حيث تكون الرياح الساخنة آتية من الصحراء لا تظهر السحب بالشكل الموضح في ١ ولا يصاحب الجبهة سوى بعض السحب العالية أو المتوسطة في بعض الأحيان ولا يسقط الهطول من السحب في هذه الحالة.

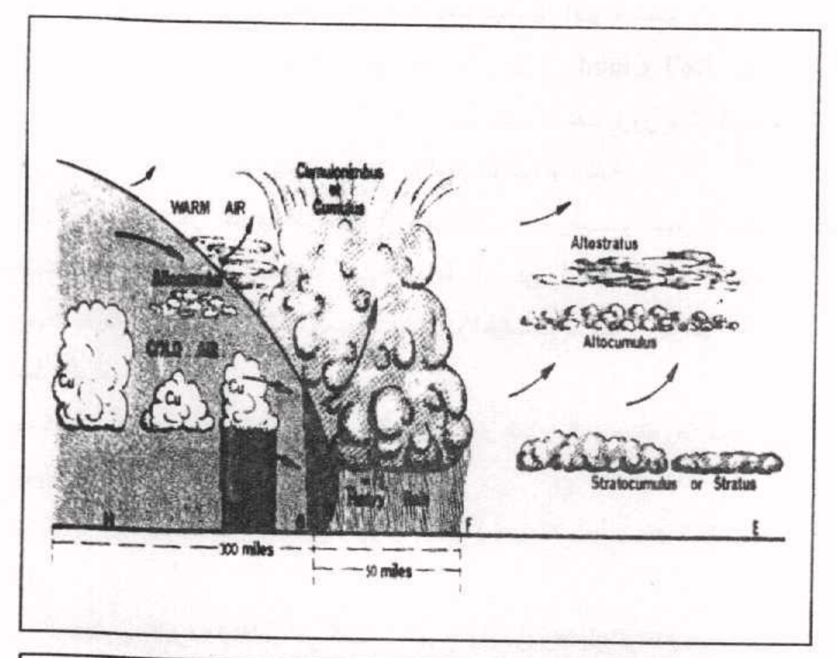
٥- يتكون الضباب أحيانا عند الجبهة نفسها نتيجة اختلاط الهواء الساخن الموجود خلف الجبهة بالهواء البارد الموجود أمامها.
٦- تكون الرؤية عادة حسنة في الهواء البارد الموجود أمام الجبهة ولكنها تتدهور في الأمطار والضباب.
٧- ينخفض الضغط الجوي تدريجيا عند سطح الأرض كلما اقتربت الجبهة الساخنة ثم يثبت بعد مرورها على مكان معين.
٨- يصاحب مرور الجبهة الساخنة تغير اتجاه الرياح في اتجاه عقارب الساعة (تتقدم الرياح) فتتحول من رياح جنوبية شرقية إلى جنوبية أو جنوبية غربية.
٩- يصاحب مرور الجبهة الساخنة ارتفاع في درجة الحرارة.

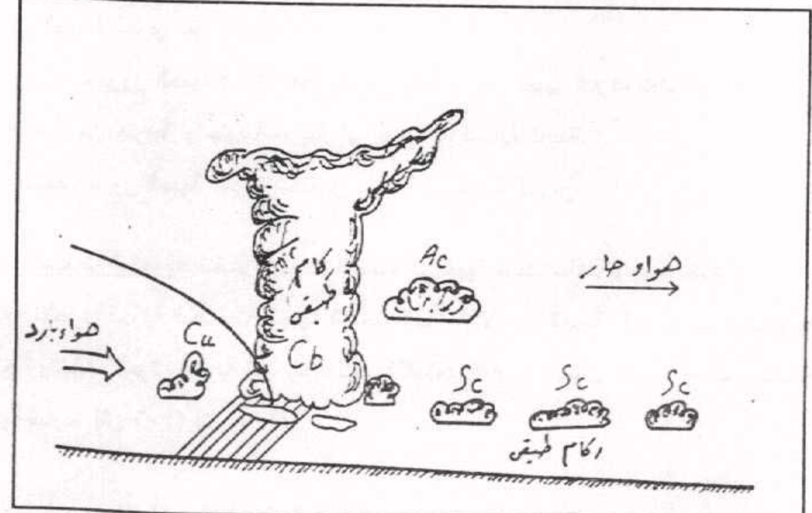
<u>ثانيا :القطاع الساخن:</u> تختلف الظواهر الجوية التي تحدث في القطاع الساخن باختلاف طبيعة الكتلة الهوائية الساخنة فإذا كانت تحتوي علي كمية كبيرة من بخار الماء يتكون بعض السحب الطبقية أو الضباب أما إذا كانت تحتوي علي كمية قليلة من بخار الماء فيتكون العجاج وقد تنتشر الرمال والأتربة المثارة أو العواصف الرملية أو الترابية إذا كانت الرياح شديدة كما يحدث في المنخفضات التي تمر على شمال أفريقيا في فصل الربيع وتمسى في جمهورية مصر العربية بالمنخفضات الجوية الخماسينية .

<u>ثالثا: الجبهة الباردة (ش١٠٥):</u>

تتلخص الأحوال الجوية المصاحبة للجبهة الساخنة فيما يلي:

١- يدفع الهواء البارد الموجود خلف الجبهة الباردة الهواء الساخن الموجود أمام الجبهة الباردة إلى أعلا (عدم استقرار) فإذا ما كان الهواء الساخن يحتوي علي كمية كبيرة من بخار الماء تكونت السحب الركامية(Cu) والركامية المزنية (Cb).
٢- تتساقط من هذه السحب رخات شديدة من المطر أو الثلج كما أنها تكون مصحوبة أحيانا بالعواصف الرعدية وهطول البرد إذا وصل عدم الاستقرار إلى ارتفاعات عالية.
٣- كلما كانت الجبهة الباردة سريعة وزاوية ميلها كبيرة ساعدها ذلك على امتداد الركام المزني إلى ارتفاعات عالية وازدادت شدة الظواهر الجوية المصاحبة للجبهة الباردة.





(ش ١٠٥) الجبهة الباردة

٤- يسقط بين الحين والحين الهواء البارد الموجود في أنف الجبهة إلى سطح الأرض رافعا الهواء الساخن إلى أعلا فيسبب حدوث زيادة كبيرة في سرعة الرياح السطحية (أنواء عنيفة) وتسمى الجبهة في هده الحالة خط الأنواء **Line Squall** ثم يتكون

الأنف من جديد وتتكرر هذه العملية بعد ذلك. ويصاحب خط الأنواء سحابة رعدية شاهقة ويتميز هذا النوع من السحاب بوجود سحاب ملتف **Roll Cloud** عند قاعدته. ويمتد هذا النوع من السحاب على طول خط الجبهة، وعند مرور خط الأنواء على أراضى ترابية أو رملية يسبب حدوث عواصف ترابية أو رملية.

٥- إذا كان الهواء الساخن يحتوي علي كمية قليلة من بخار الماء والجو غير مستقر اقتصرت الأحوال الجوية المصاحبة للجبهة الباردة على تكون السحب الركامية وسقوط رخات خفيفة من المطر أو الثلج وحدوث الأنواء والعواصف الترابية أو الرملية عند خط الأنواء.

٦- إذا كان الهواء الساخن يحتوي علي كمية قليلة من بخار الماء والجو مستقر فقد تمر الجبهة دون أي ظواهر جوية.

٧- تتحسن الرؤية عادة بعد مرور الجبهة الباردة إلا في أوقات سقوط رخات المطر أو الثلج.

٨- يصاحب الجبهة الباردة انخفاض في الضغط الجوي قبل مرورها يليه ارتفاع مفاجئ في الضغط الجوي عند مرورها.

٩- يصاحب مرور الجبهة الباردة تقهقر الرياح وبعد مرور الجبهة الباردة تتقدم الرياح فتتحول من جنوبية أو جنوبية غربية إلى غربية أو شمالية غربية.

١٠- يصاحب مرور الجبهة الباردة انخفاض ملحوظ في درجة الحرارة.

رابعا :الجبهات المتحدة: تنقسم الجبهات المتحدة إلي جبهة متحدة ساخنة وجبهة متحدة باردة وتشابه الأحوال الجوية المصاحبة للجبهة المتحدة الساخنة الأحوال الجوية المصاحبة للجبهة الساخنة وتشابه الأحوال الجوية المصاحبة للجبهة المتحدة الباردة الأحوال الجوية المصاحبة للجبهة الباردة (ش ١٠٦) (ش ١٠٧)

ويوضح (جدول ١) ملخص للأحوال الجوية المصاحبة للجبهة الساخنة بينما يوضح (جدول ٢) ملخص للأحوال الجوية المصاحبة للجبهة الباردة

جدول ١

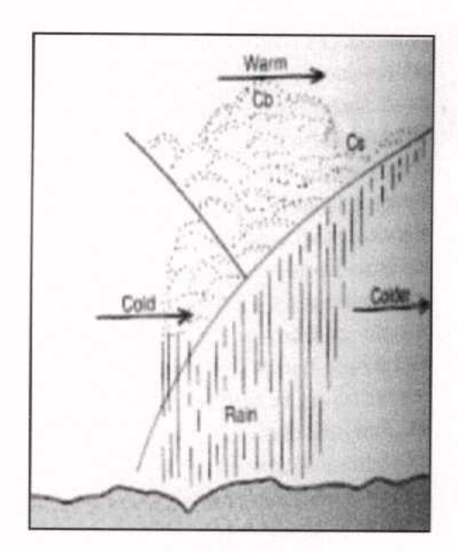
الأحوال الجوية المصاحبة للجبهة الساخنة

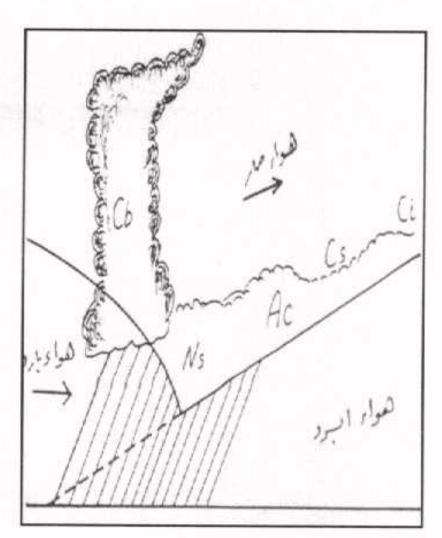
العنصر	قبل مرور الجبهة الساخنة	عند مرور الجبهة الساخنة
درجة الحرارة	ترتفع درجة الحرارة	ترتفع درجة الحرارة
الضغط الجوي	ينخفض الضغط الجوي باستمرار	يقل معدل الانخفاض
الرياح	تتأخر الرياح وتزداد سرعتها	تتقدم الرياح وتقل سرعتها
الرطوبة النسبية	تزداد الرطوبة النسبية	تزداد الرطوبة النسبية
السحاب	طبقي مزني N_s - طبقي متوسط A_s – سمحاق طبقي C_s - سمحاق C_i	طبقي مزني N_s - طبقي متوسط A_s – سمحاق طبقي C_s - سمحاق C_i
الطقس	هطول غزير على شكل مستمر أو متقطع من المطر أو الثلج يحدث في مقدمة الجبهة الساخنة	عند مرور الجبهة الساخنة ينقطع الهطول تقريبا وبعد مرور الجبهة يحدث رذاذ خفيف أ و يحدث ضباب

جدول ٢

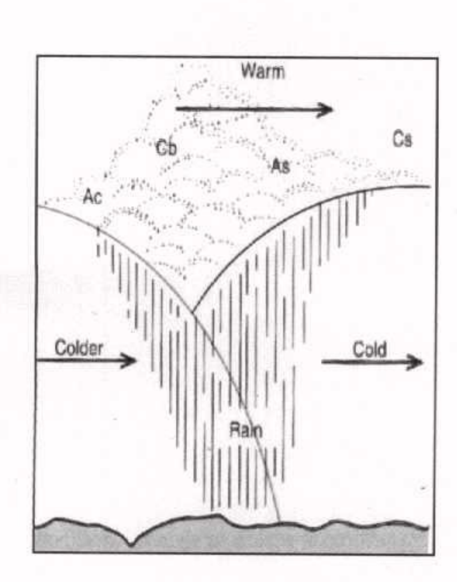
الأحوال الجوية المصاحبة للجبهة الباردة

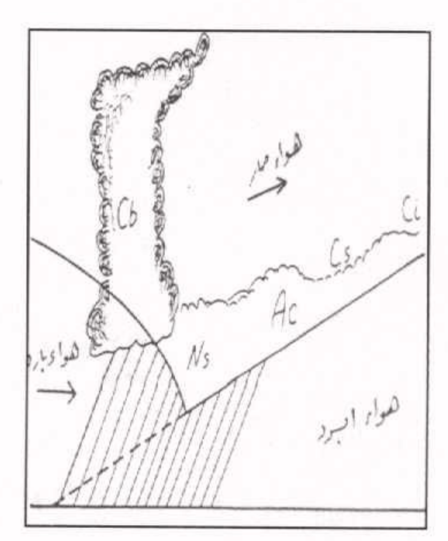
العنصر	قبل مرور الجبهة الباردة	عند مرور الجبهة الباردة
درجة الحرارة	تنخفض درجة الحرارة قبل مرور الجبهة الباردة	ترتفع درجة الحرارة عند مرور الجبهة الباردة مع الهطول
الضغط الجوي	ينخفض الضغط الجوي قبل مرور الجبهة الباردة	يرتفع الضغط الجوي عند مرور الجبهة الباردة
الرياح	تتقهقر الرياح وتزداد سرعتها	تتقدم الرياح بعد مرور الجبهة الباردة
الرطوبة النسبية	تغير طفيف	تبدأ في الانخفاض
السحاب	طبقي متوسط (A_s) – ركام طبقي (**Sc**) – ركام(**Cu**) – رُكام مزني (**Cb**)	ركام (**Cu**) – ركام مزني (**Cb**)
الطقس	رخات شديدة من المطر أو الثلج مصحوبة أحيانا بالعواصف الرعدية والبرد	رخات شديدة من المطر أو الثلج



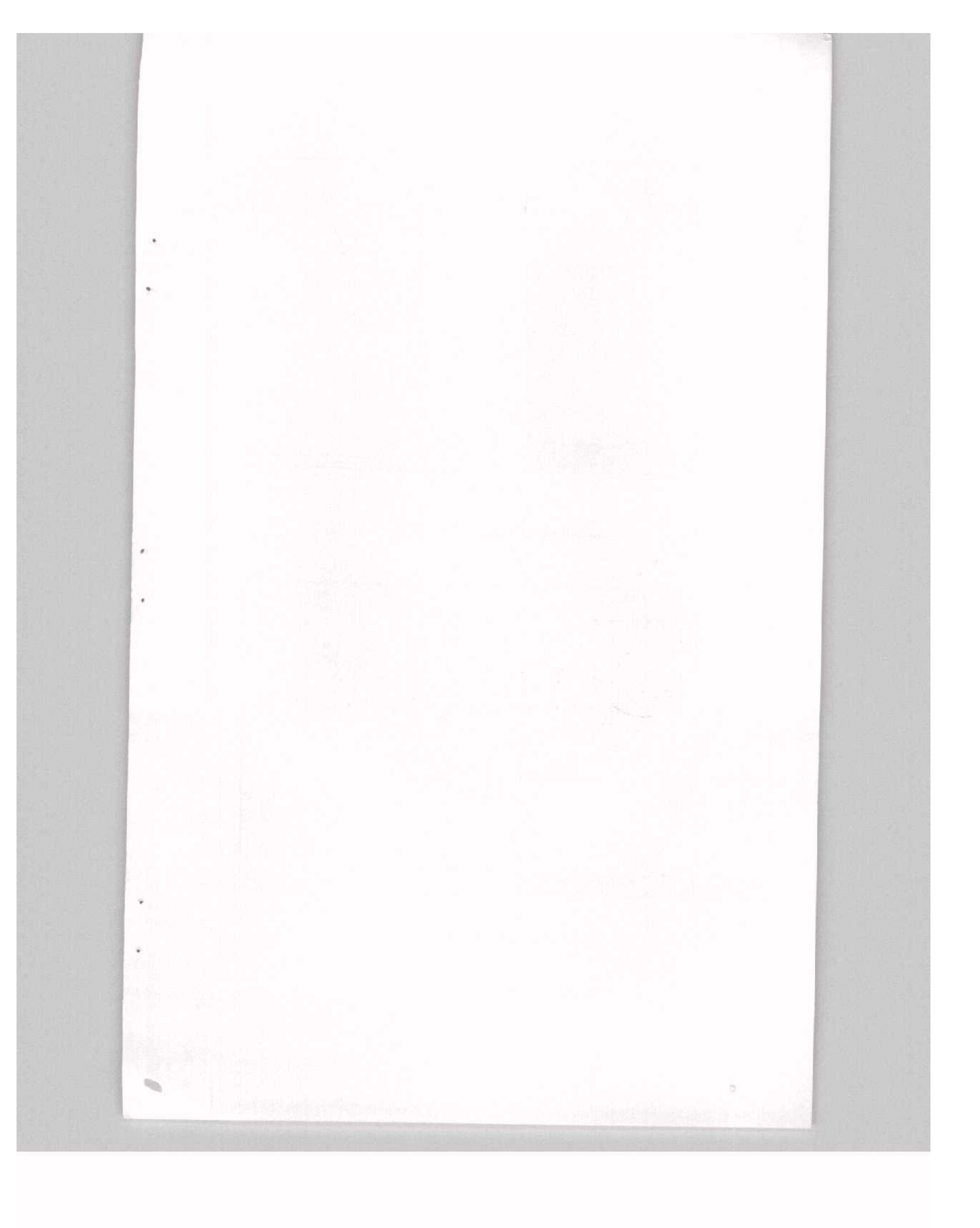


(ش ١٠٦) الجبهة المتحدة الساخنة

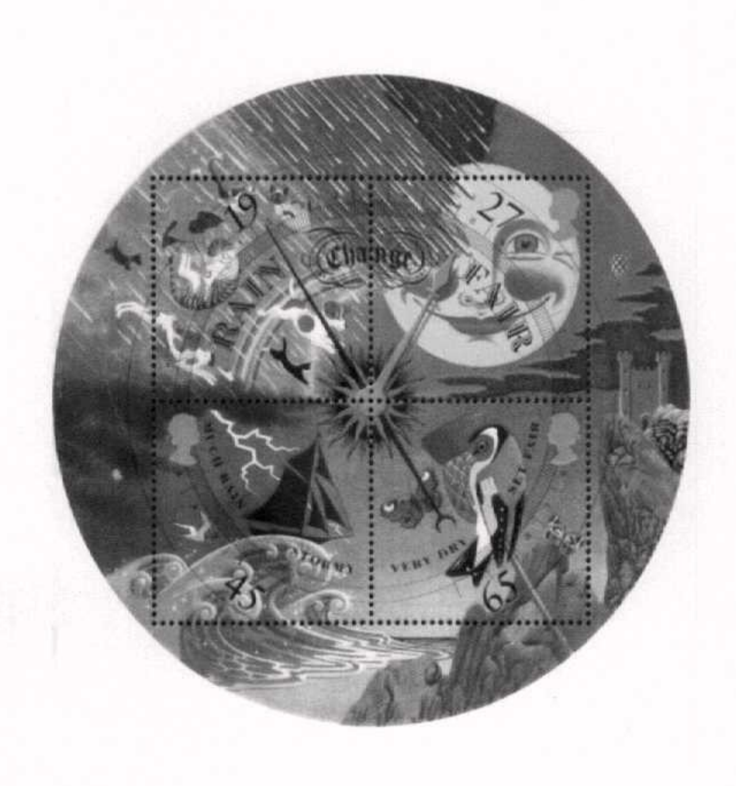


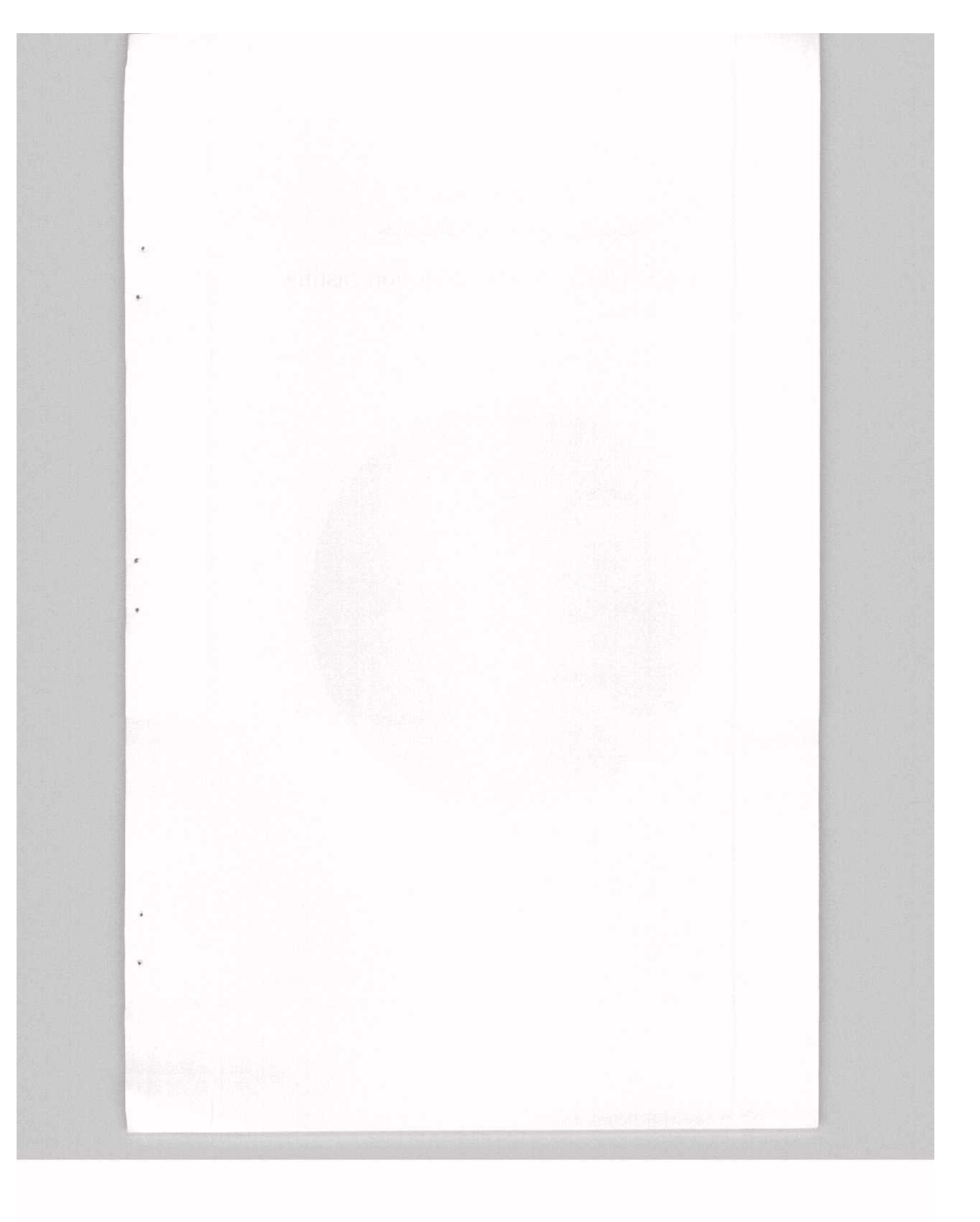


(ش ١٠٧) الجبهة المتحدة الباردة



الباب الخامس عشر
خرائط الطقس والتنبؤات الجوية
Synoptic Charts and Weather Forecasting





الباب الخامس عشر

خرائط الطقس والتنبؤات الجوية

Synoptic Charts and Weather Forecasting

خرائط الطقس هي خرائط جغرافية لجزء من العالم يحيط بالدولة التي تستعملها وتحدد على هذه الخرائط مواقع محطات الأرصاد الجوية المختلفة بواسطة دوائر صغيرة مبين بجانب كل منها الرقم الدولي الخاص بمحطة الأرصاد الجوية.

والخرائط التي يتم عليها توقيع أرصاد العناصر الجوية المأخوذة من محطات الأرصاد السطحية تسمي "**خرائط الطقس السطحية Surface Synoptic Charts** ". أما الخرائط التي توقع عليها أرصاد طبقات الجو العليا فتسمى **خرائط الطقس لطبقات الجو العليا Upper Air Synoptic Charts**.

وليمكن تحليل ودراسة الأحوال الجوية التي تسود في وقت معين في مكان ما فقد تم دوليا تحديد الأوقات التي يتم فيها عمليات الرصد الجوي المختلفة والتي توقع على خرائط الطقس بالإضافة إلي أن المنظمة العالمية للأرصاد الجوية وضعت نظم دولية خاصة تضمن تبادل المعلومات اللازمة لتحضير خرائط الطقس بين دول العالم المختلفة وكذلك نظم توقيع معلومات الأرصاد الجوية على خرائط الطقس .

ومن المعروف أن محطات الأرصاد الجوية يتم تصنيفها حسب طبيعة عملها إلي الأنواع التالية

- محطات الأرصاد الجوية السطحية الأرضية.
- محطات الأرصاد الجوية السطحية الساحلية.
- محطات الأرصاد الجوية السطحية البحرية.
- محطات رصد الرياح العليا بالبالونة العادية.
- محطات رصد طبقات الجو العليا بالأجهزة الإلكترونية.
- محطات سفن الأرصاد الجوية الثابتة في المحيطات

بالإضافة إلى هذه المحطات يتم الرصد الجوي بواسطة الأقمار الاصطناعيـــة الخاصـــة بالأرصاد الجوية كذلك يتم الاستفادة من معلومات الأرصاد الجوية المـــأخوذة بواســطة ســفن تجارية مختارة تتطوع بالقيام برصد العناصر الجوية المختلفة خلال رحلاتها البحريـــة وكذلــك الأرصاد المأخوذة بالطائرات أثناء طيرانها على الخطوط الدولية.

خرائط الطقس السطحية Surface Synoptic Charts:

يتم توقيع المعلومات التالية علي خرائط الطقس السطحية (اتجاه وسرعة الرياح – كميـة السحب الكلية – نوع السحب المنخفضة – نوع السحب المتوسطة – نوع السحب المرتفعـــة – ارتفاع قاعدة السحب المنخفضة – الضغط الجوي – شكل وقيمة الميل الباروميتري – الرؤيـــة الأفقية – درجة حرارة الهواء – درجة حرارة نقطة النـــدي – الطقـــس الحـــاضر – الطقـــس الماضي) وبعد توقيع المعلومات السابقة يقوم المتنبئ الجوى Forecaster بتحليـــل خرائـــط الطقس السطحية وذلك برسم خطوط تساوي الضغط الجوي وهى خطوط تمـــر بالأمـــاكن ذات الضغط الجوي المتساوي وترسم خطوط تساوي الضغط الجوي عادة كل ٣ أو ٥ هكتوبســـكال (ملليبار) مثل ١٠٠٥ – ١٠١٠ – ١٠١٥ بالإضافة لتحديد الجبهات المختلفة. ونتيجـــة لذلـــك تظهر بعض أو كل مجموعات الضغط الجوي الأساسية السابق شرحها في الباب الثالث عشر.

ومن المعروف أن الأوقات الدولية لأعداد خرائط الطقس السطحية هـــي ٠٠٠٠ – ٠٣٠٠، – ٠٦٠٠ – ٠٩٠٠ – ١٢٠٠ – ١٥٠٠ – ١٨٠٠ – ٢١٠٠ بالتوقيت العالمي GMT.

خرائط الطقس لطبقات الجو العليا Upper Air Synoptic Charts:

يتم أعداد خرائط الطقس لطبقات الجو العليا لمستويات ثابتة للضغـــط الجـــوي (٨٥٠ ، ٧٠٠، ٥٠٠ ، ٣٠٠ ، ٢٠٠ ، ١٠٠ هكتوبسكال) . والمعلومات التي توقع علي هذه الخرائـــط هي : ارتفاع مستوي الضغط – اتجاه وسرعة الرياح – درجة الحرارة – درجة حرارة نقطـــة الندي. وبعد توقيع هذه المعلومات يتم تحليل هذه الخرائط. وتحليل خرائط الطقس لطبقات الجـــو العليا يختلف عنه في الخرائط السطحية، ولهذا ترسم عليها خطوط متساويات الارتفاعات لقيمـــة

الضغط المذكور كل ٤٠ متر كما ترسم خطوط درجات الحرارة كل ٥ درجات مئوية.ويستفاد من خرائط الطقس لطبقات الجو العليا في معرفة الحركة الرأسية للهواء وبالتالي معرف الاستقرار وعدم الاستقرار ومعرفة حركة مجموعات الضغط المختلفة والجبهات. والأوقات الدولية لأعداد هذه الخرائط هي ٠٠٠٠ – ١٢٠٠ بالتوقيت العالمي GMT.

ويتم الاستفادة من خرائط الطقس السطحية وخرائط الطقس لطبقات الجو العليا في معرفة مجموعات الضغط المختلفة والجبهات وبالتالي يمكن معرفة الطقس الحالي والمتوقع واتجاه وسرعة الرياح ودراسة تحركات الكتل الهوائية وما يطرأ على خواصها الطبيعية من تغيرات نتيجة لتحركها فوق مناطق ذات طبيعة مختلفة. وذلك يساعد في إعداد التنبؤات الجوية وإعداد الطرقات الملاحية.

وتبدأ التنبؤات الجوية بعد أن يتم توقيع وتحليل خرائط الطقس بمختلف أنواعها

وحتى يمكن مقارنة أرصاد العناصر الجوية المختلفة فوق رقعة كبيرة من الأرض تشمل عدة دول فقد اتفق دوليا على تحديد الأوقات التي تتم فيها عمليات الرصد الجوي المختلفة في جميع محطات الأرصاد الجوية الموجودة في العالم حتى يمكن دراسة الأحوال الجوية السائدة في لحظة معينة. والأوقات الدولية الرئيسية لعمليات الرصد الجوي السطحية هي ٠٠٠٠ – ٠٦٠٠ – ١٢٠٠ – ١٨٠٠ بالتوقيت العالمي (ت ع) وحيث أن الأحوال الجوية عند سطح الأرض تتغير بسرعة لذلك فقد تقرر دوليا أن تقوم بعض محطات الرصد الجوى برصدات إضافية للعناصر السطحية في الأوقات ٠٣٠٠ – ٠٩٠٠ – ١٥٠٠ – ٢١٠٠ ويطلق على هذه الأوقات " أوقات الرصد الثانوية ".

وحيث أن أرصاد طبقات الجو العليا وأرصاد الرياح العليا تتكلف تكاليف باهظة مما يصعب معه أن تتمكن كل دولة من عمل أربعة رصدات يوميا لهذا النوع من الأرصاد ، فإنه قد اتفق دوليا على أنه في حالة عدم إمكان الدولة من أخذ سوى رصدتين فقط لأرصاد طبقات الجو العليا فيجب في هذه الحالة أن تكون في الأوقات ٠٠٠٠ ، ١٢٠٠ وفى حالة أخذ ثلاثة رصدات تؤخذ اثنتان في الأوقات ٠٠٠٠ ، ١٢٠٠ ويترك للدولة اختيار الوقت الثالث – أما في حالة القيام بعمل رصدة واحدة فيجب أن تختار وقتها ليتفق مع إحدى الأوقات ٠٠٠٠ ،

١٢٠٠ مع تفضيل الوقت الذي يتفق عليه أكبر عدد من دول القارات أو الإقليم الذي تتبعه الدولة.

تبادل إشارات الأرصاد الجوية الخاصة بخرائط الطقس:

تقوم محطة الأرصاد الجوية بعد إتمام عملية الرصد الجوي في الوقت الدولي المحدد بإبلاغ هذه المعلومات فور الانتهاء من الرصد الجوي في شكل إشارة إلى مركز رئيسي تعينه هيئة الأرصاد الجوية أو الإدارة التابع لها المحطة لتجميع مثل هذه الإشارات من جميع المحطات في دولة معينة .

ويستخدم في إبلاغ هذه الإشارات أسرع وسيلة ممكنة وحيث أن هذه الإشارات يتم توزيعها على دول ذات لغات مختلفة فقد اتفق دوليا بواسطة المنظمة العالمية للأرصاد الجوية على استخدام شفرة دولية خاصة لكل نوع من عمليات الرصد الجوي يتم باستخدام هذه الشفرة إبلاغ هذه الإشارات. ويمكن التعرف علي بعض هذه الشفرات وخاصة الشفرة الخاصة بالرصد الجو مائي بالسفن والناقلات بالإطلاع علي الملحق الأول الموجود في نهاية هذا الكتاب.

وحتى يمكن تبادل معلومات الأرصاد الجوية اللازمة لتحضير خرائط الطقس بين الدول المختلفة فقد وضعت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية نظاما خاصا لتبادل هذه المعلومات على المستوى الدولي بحيث يتوفر لكل دولة الحصول على هذه المعلومات. ويتلخص هذا النظام في تجميع وتبادل هذه المعلومات عن طريق الاتصال المباشر بواسطة شبكات اتصال أهمها ما يأتي:

- الشبكات المحلية: وهى شبكات تربط محطات الأرصاد الجوية بمركز تجميع محلي للأرصاد الجوية في كل دولة من الدول وذلك بأسرع الوسائل الممكنة من تليفونات سلكية ولاسلكية أو مبرقات كاتبة أو بواسطة الحاسب الآلي بحيث يمكن تجميع معلومات هذه المحطات في خلال عشرين دقيقة من وقت الرصد.

- الشبكات الإقليمية: تقوم في كل قارة وفى البحار والمحيطات المجاورة لها شبكة إقليمية تتكون من عدة مجمعات للاتصالات الإقليمية تتصل بين بعضها البعض كما يتصل

كل منها بعدة مراكز محلية مزودة بدوائر اتصالات سلكية ولاسلكية وحوا سب آلية لتبادل معلومات الأرصاد فيما بينها.

- الدوائر الرئيسية : وهى دوائر اتصالات خاصة بالأرصاد الجوية تربط الشبكات الإقليمية بعضها البعض عن طريق ربط الاتصالات الإقليمية الهامة في هذه الشبكات الإقليمية بحيث ينتج عنها تبادل عالمي لمعلومات الأرصاد الجوية بين هذه لشبكات المختلفة.

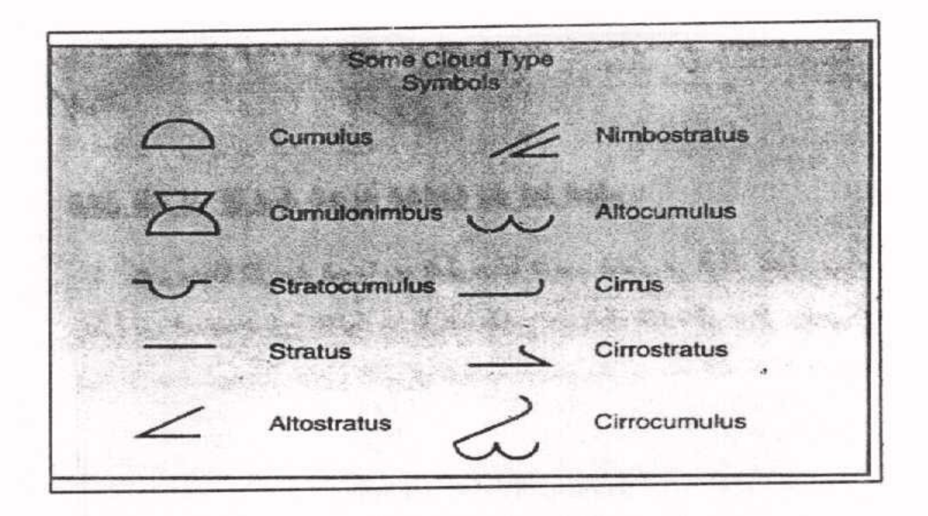
<u>إعداد خرائط الطقس</u>: للاستفادة من معلومات الأرصاد الجوية اللازمة لتحضير خرائط الطقس يجب أن تكون هذه المعلومات متوفرة في مواعيد ثابتة تم تحديدها بواسطة المنظمة العالمية للأرصاد الجوية وتقوم الدول الراغبة في الاستفادة من هذه المعلومات بتوقيعها على خرائط الطقس السطحية أو خرائط الطقس لطبقات الجو العليا وفقا لنوع المعلومات. ويتم توقيع معلومات الأرصاد الجوية علي خرائط الطقس السطحية في جميع مراكز التنبؤات الجوية بالدول المختلفة حسب اتفاق دولي بواسطة المنظمة العالمية للأرصاد الجوية باستخدام النموذج الموضح بشكل ١٠٨ وشرح الرموز المستخدمة في نموذج توقيع معلومات الأرصاد الجوية علي خرائط الطقس السطحية موضح في شكل ١٠٩.

(ش ١٠٨) نموذج توقيع محطة أرصاد جوية المستخدم في توقيع خرائط الطقس السطحية

الرؤية الأفقية	VV	الضغط الجوى	PPPP
الطقس الحاضر	WW	الميل البارومترى	PPP
إتجاه الريح	dd	شكل الميل البارومترى	a
سرعة الريح	ff	نوع السحب المنخفضة	C_L
كمية السحب الكلية	N	نوع السحب المتوسطة	C_M
كمية السحب المنخفضة	Nh	نوع السحب العالية	C_H
ارتفاع قاعدة السحب المنخفضة	h	درجة حرارة الهواء	TTT
الطقس الغابر	W_1W_2	درجة حرارة نقطة الندى	Td Td Td

(ش ١٠٩) شرح الرموز المستخدمة في توقيع خرائط الطقس السطحية

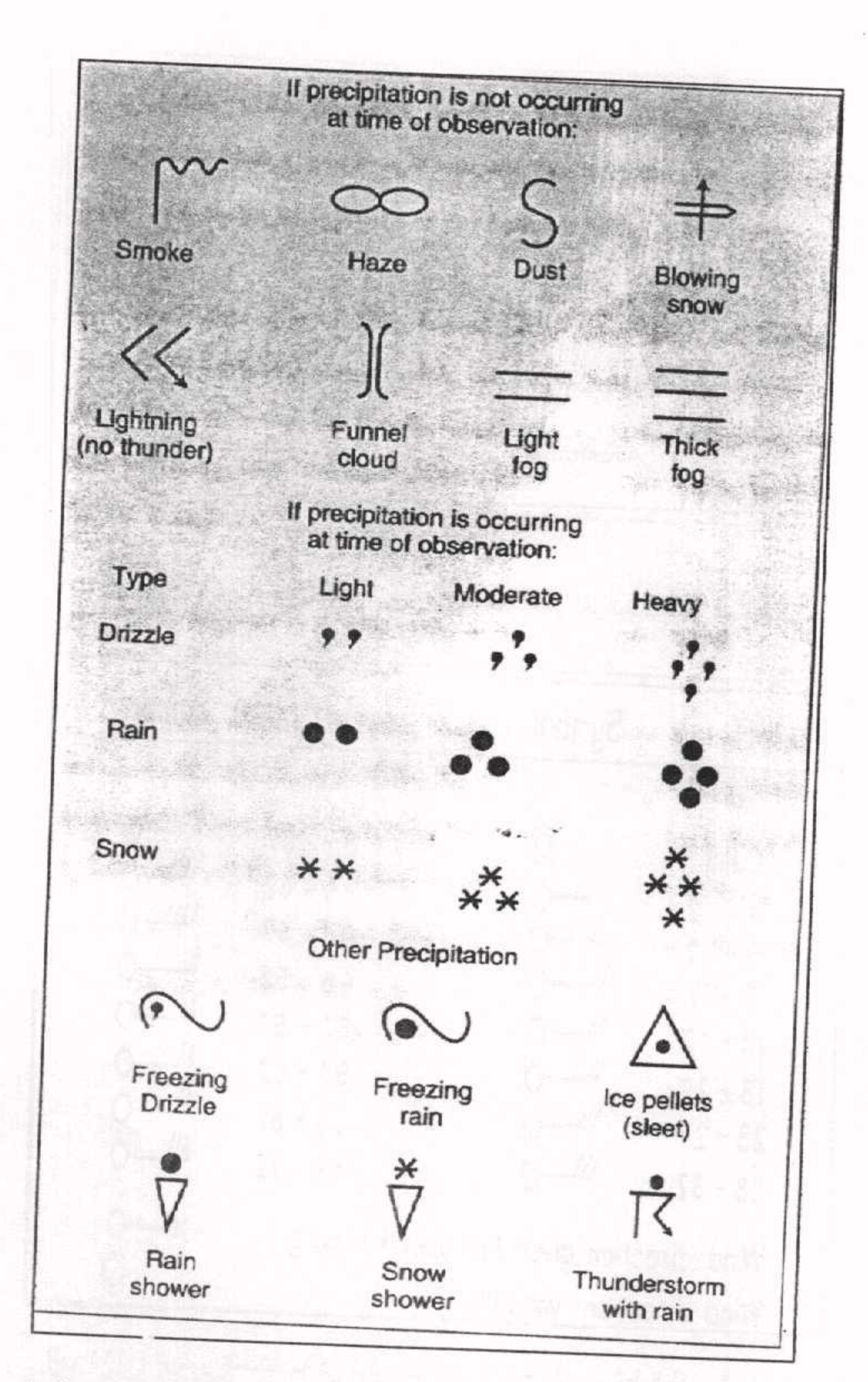
والرموز المستخدمة في توقيع الأنواع المختلفة من سلالات السحب علي خرائط الطقس السطحية مبينة في (ش ١١٠) بينما يوضح (ش ١١١) الرموز المستخدمة في توقيع سرعات الرياح ويوضح شكل ١١٢ الرموز التي تستخدم لتوقيع الظواهر الجوية علي خرائط الطقس السطحية وشكل ١١٣ يوضح الرموز المستخدمة في خرائط الطقس السطحية Surface Synoptic Charts بصفة عامة.



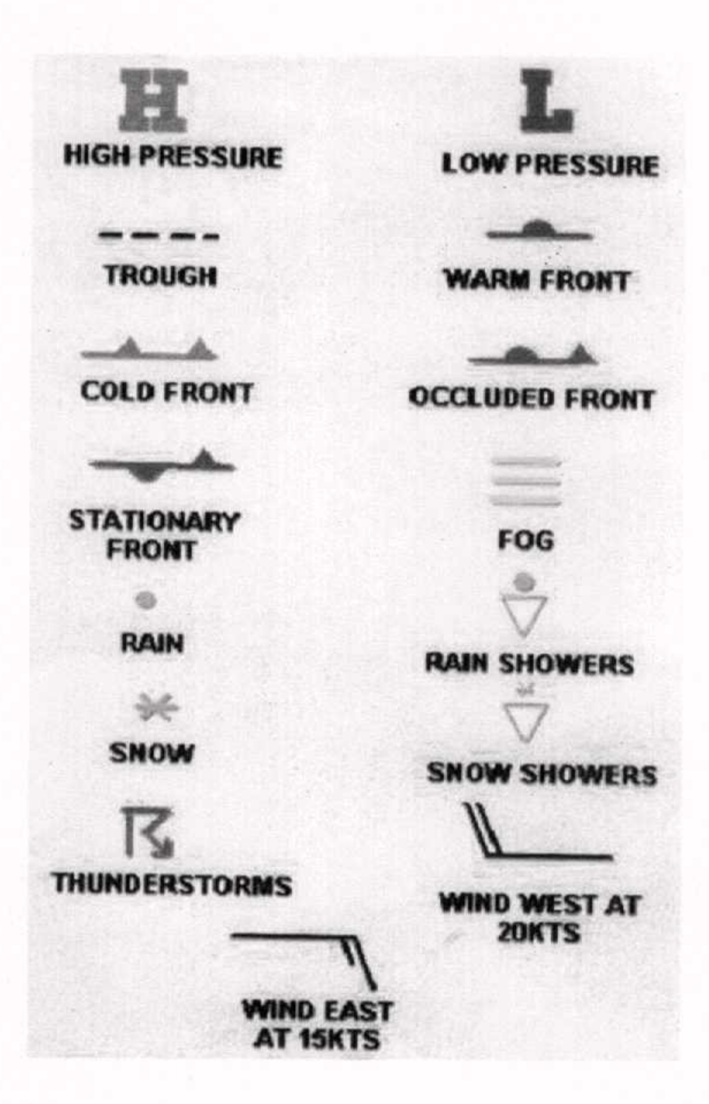
(ش ١١٠) الرموز المستخدمة في توقيع السحاب علي خرائط الطقس السطحية

ff kt	Symbol	ff kt	Symbol
Calm		33 - 37	
1 - 2		38 - 42	
3 - 7		43 - 47	
8 - 12		48 - 52	
13 - 17		53 - 57	
18 - 22		58 - 62	
23 - 27		63 - 67	
28 - 32		68 - 72	
Wind direction given but speed missing			
Wind direction variable			

(ش ١١١) الرموز المستخدمة في توقيع سرعات الرياح علي خرائط الطقس السطحية



(ش ١١٢) شرح الرموز المستخدمة في توقيع الظواهر الجوية علي خرائط الطقس السطحية



(ش ١١٣) الرموز المستخدمة فى خرائط الطقس السطحية بصفة عامة

ويقوم المتنبئ الجوي بتحليل خرائط الطقس السطحية وذلك برسم خطوط تساوي الضغط الجوي وهى خطوط تمر بالأماكن ذات الضغط الجوي المتساوي وترسم خطوط تساوي الضغط الجوي عادة كل ٣ أو ٥ هكتوبسكال (ملليبار) مثل ١٠٠٥ – ١٠١٠ – ١٠١٥ بالإضافة لتحديد الجبهات المختلفة ونتيجة لذلك تظهر بعض أو كل مجموعات الضغط الأساسية التالية والسابق شرحها في الباب الثالث عشر(منخفض جوي – مرتفع جوي – منخفض جوي ثانوي – أخدود الضغط المنخفض – انبعاج الضغط المرتفع – الكول)

وكما أوضحت في الباب الثالث عشر يتم أعداد خرائط الطقس لطبقات الجو العليا لمستويات ثابتة للضغط الجوي (٨٥٠ ، ٧٠٠، ٥٠٠ ، ٣٠٠ ، ٢٠٠ ، ١٠٠ هكتوبسكال) وترسم عليها خطوط متساويات الارتفاعات لقيمة الضغط المذكور كل ٤٠ متر كما ترسم خطوط درجات الحرارة كل ٥ درجات مئوية.

و كم أوضحت سابقا يتم الاستفادة من خرائط الطقس السطحية وخرائط الطقس لطبقات الجو العليا في معرفة مجموعات الضغط المختلفة والجبهات وبالتالي يمكن معرفة الطقس الحالي والمتوقع واتجاه وسرعة الرياح ودراسة تحركات الكتل الهوائية وما يطرأ على خواصها الطبيعية من تغيرات نتيجة لتحركها فوق مناطق ذات طبيعة مختلفة. وذلك يساعد في إعداد التنبؤات الجوية وإعداد الطرقات الملاحية.

خدمات الأرصاد الجوية للسفن والناقلات:

وفقا للاتفاقيات الدولية يتم إذاعة الأرصاد الجوية التي تحتاجها السفن والناقلات أثناء إبحارها وترسل هذه المعلومات بواسطة اللاسلكي و أجهزة الفاكسميلي وأجهزة الحاسب الآلي. وتشمل خدمات الأرصاد الجوية للسفن والناقلات ما يأتي:

١-الإنذارات

٢-نشرات الطقس والبحر

٣-خرائط الأرصاد الجوية بالفاكسميلي

٤-شفرات الأرصاد الجوية

٥-الطرقات الملاحية

٦-خرائط الثلج

١- **الإنذارات:** وتتم هذه الإنذارات باللغة العادية وتشمل

- **الإنذار بالعواصف Gale Warning:**

ويذاع هذا الإنذار عندما يتوقع أن تصل سرعة الرياح ٨ – ٩ بيفورت

- **الإنذار بالزوبعة Storm Warning:**

ويذاع هذا الإنذار عندما يتوقع أن تصل سرعة الرياح ١٠ – ١١ بيفورت

- **الإنذار بالهاريكين Hurricane Warning:**

ويذاع هذا الإنذار عندما يتوقع أن تصل سرعة الرياح ١٢ بيفورت أو اكثر

وبصفة عامة يشمل الإنذار ما يلي:

١. نوع الإنذار **(Gale – Storm – Tropical Storm)**
٢. نوع الضغط الجوي الذي يسبب الإعصار(منخفض جوي أو إعصار استوائي دوار)
٣. موقع المنخفض الجوي أو الإعصار الاستوائي الدوار واتجاه حركته وسرعته ومناطق تأثيره
٤. اتجاه وسرعة الرياح في مناطق المنخفض الجوي أو الإعصار الاستوائي الدوار
٥. ظروف الأمواج البحرية الناتجة عن الرياح وأمواج التموج في مناطق الإنذار

٢ – نشرات الطقس والبحر Sea and Weather Bulletin:

وترسل هذه النشرة باللغة العادية وتشمل نشرات الطقس والبحر ما يأتي:

- الإنذار بالعواصف
- تحاليل باللغة العادية وتشمل توزيعات الضغط الجوي المختلفة والجبهات وحركتها وسرعتها
- وصف للطقس الحاضر فوق مساحة معينة
- التنبؤات وتشمل: أسم المنطقة الصادر عنها التنبؤ – فترة سريان التنبؤ – الرؤية الأفقية – حالة البحر وارتفاع الأمواج الحرية – الظواهر الجوية مثل المطر والضباب والرمال المثارة وخلافه – تراكم الثلج إذا توقع حدوثه
- تحاليل بالشفرة وتشمل توزيعات الضغط الجوي والجبهات واتجاهها وسرعة حركتها
- بعض رصدات محطات الأرصاد الجوية الساحلية وبعض رصدات السفن

٣- رسائل سينوبيتكية Synoptic Message: وتشمل

- بعض رصدات السفن
- بعض الرصدات الخاصة بمحطات الأرصاد الأرضية

٤- رسائل تحاليل Analysis Message:

رسالة التحاليل تعطي نتيجة تحليل خرائط الطقس في تحديد مواقع مجموعات الضغط المختلفة (منخفضات جوية – مرتفعات جوية ...... الخ) بالإضافة إلي الجبهات المختلفة واتجاهها وسرعة حركتها المتوقعة والتفاصيل الكاملة للرسائل التي تذاع للسفن والناقلات موجودة في كتاب

Admiralty list of Radio Signals Volume III

٥- خرائط تستقبل علي جهاز الفاكسيميلي بالسفن والناقلات:

يتم بواسطة جهاز الفاكسيميلي استقبال الخرائط التالية:

- **خرائط طقس سطحية الحالية ومتوقعة:**

وهذه الخرائط توضح مجموعات الضغط الجوي المختلفة والجبهات المختلفة في مواقعها الحالية والمتوقعة ومنها يمكن معرفة الأحوال الجوية الحالية والمتوقعة ويستفاد منها في إصدار التنبؤات الجوية.

- **خرائط طقس لطبقات الجو العليا الحالية والمتوقعة:**

وهذه الخرائط لمستويات الضغط ٨٥٠ – ٧٠٠ – ٥٠٠ – ٣٠٠ – ٢٠٠ – ١٠٠ كتوبسكال ويستفاد منها في معرفة الحركة الرأسية للهواء والاستقرار وعدم الاستقرار التي تساعد في إعداد التنبؤات الجوية والطرقات الملاحية.

- **خرائط الأمواج:**

وهذه الخرائط توضح خصائص الأمواج في منطقة معينة ويدرج عليها خطوط تساوي ارتفاع الأمواج واتجاه الأمواج والتموج البحري وفترة الموجة بالإضافة ألي مراكز المنخفضات الجوية والمرتفعات الجوية ويستفاد من هذه الخرائط في معرفة خصائص الأمواج للاستعانة بها في إصدار التنبؤات الجوية وإعداد الطرقات الملاحية.

- **خرائط الثلج:**

وهذه الخرائط توضح حدود الثلج البحري ونوعه ودرجة تركيزه (كميته) والفتحات الموجودة خلال الثلج ويستفاد من هذه الخرائط في معرفة خصائص وظروف الثلج البحري والتي يستعان بها في إعداد الطرقات الملاحية.

- **خرائط الميل البارومتري:**

هذه الخرائط توضح خطوط تساوي الميل البارومتري والتي يمكن الاستفادة منها في معرفة حركة المنخفضات الجوية

وبالرجوع إلي كتاب

Admiralty list of Radio Signals Volume III

يمكن معرفة ترددات وأوقات إذاعة خرائط الأرصاد الجوية المختلفة بواسطة أجهز الفاكسيميلي والخاصة بدول العالم المختلفة.

وحاليا يمكن أيضا بواسطة الحاسب الآلي استقبال وتداول جميع الخرائط والرصدات والتنبؤات الجوية وجميع المعلومات الخاصة بالأرصاد الجوية

- **الطرقات الملاحية:**

تعطي خط سير السفينة مع وضع ما يأتي في الاعتبار: التيارات البحرية - الأمواج البحرية - الرياح - الثلج - الضباب

وتنص المعاهدة الدولية لتأمين الأرواح في البحار **SOLAS** علي أن يقوم ربابنة السفن بإبلاغ الظواهر الجوية الغير عادية التالية باللغة العادية أو الشفرة إلي المحطات الأرضية والسفن الأخرى:

١- في حالة وجود عائق ملاحي

٢-في حالة وجود إعصار استوائي دوار

٣-إذا بلغت قوة الرياح ٨ بيفورت أو أكثر

٤-إذا وجد ثلج

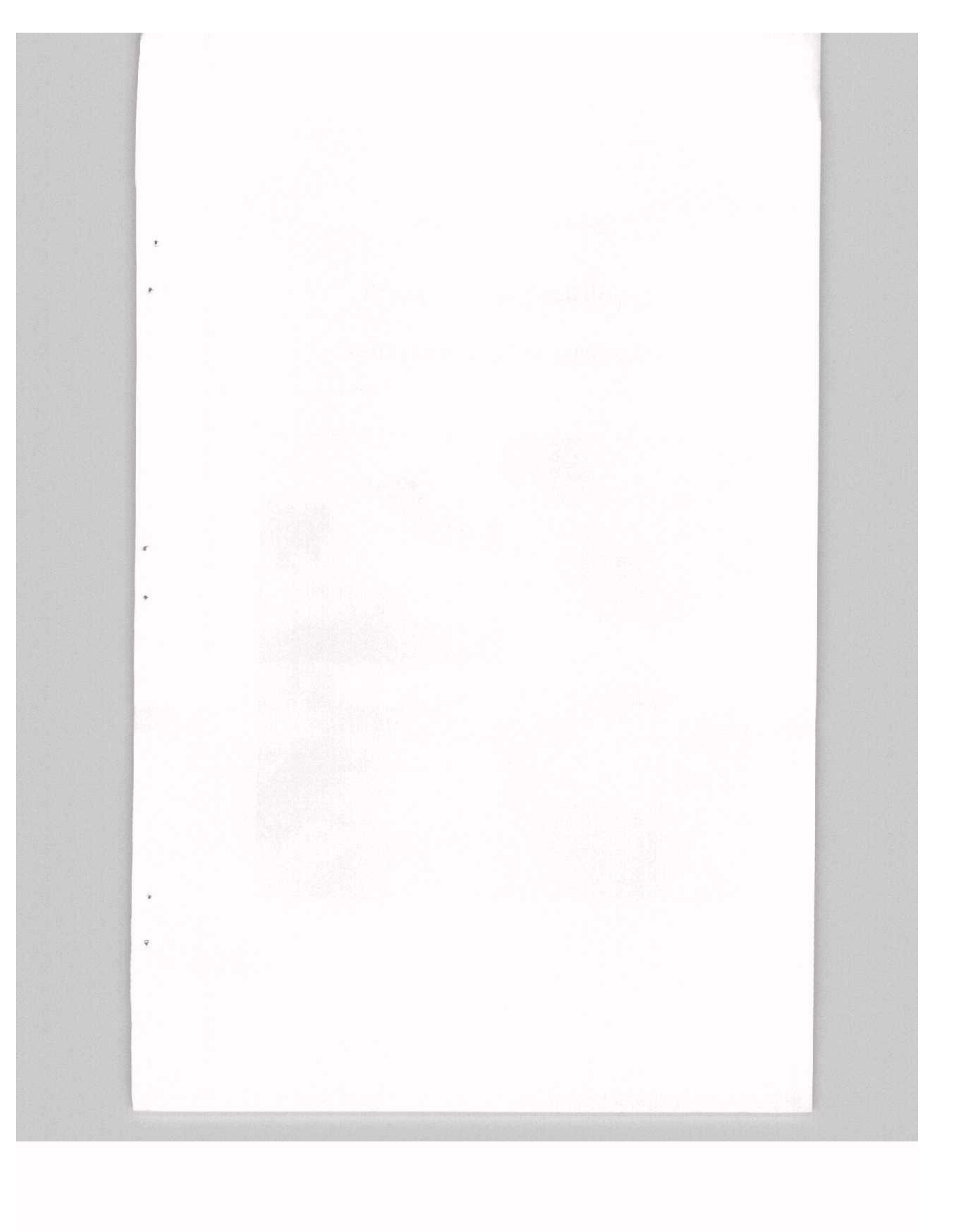
٥- في حالة انخفاض درجة حرارة الهواء عن الصفر

الباب السادس عشر

الأعاصير الأستوائية الدوارة

Tropical Revolving Storms (TRS)





الباب السادس عشر

الأعاصير الاستوائية الدوارة

Tropical Revolving Storms (TRS)

الأعاصير الإستوائية الدوارة هي منخفضات جوية تظهر في المحيطات الساخنة قرب خط الاستواء في مناطق الرياح التجارية بين خطي عرض ٥° و ٢٠° شمالا وجنوبا وتتحرك من نقطة شرقية إلي نقطة غربية بسرعة بطيئة تقل في معظم الأحيان عن ١٥ عقدة وتهب فيها الرياح تحت تأثير قوة تدرج الضغط الجوي والقوة الطاردة المركزية لذلك تكون خطوط تساوي الضغط الجوي بها مستديرة ومساحتها صغيرة إذا يتراوح قطرها بين ٥٠ و ٥٠٠ كم كما أن هذا النوع من المنخفضات يكون عميق حيث يكون الضغط الجوي عند مركز المنخفض الجوي في حدود ٩٦٠ هكتوبسكال ويصاحب هذا النوع من المنخفضات عدم استقرار شديد وسحب ركامية مز نية وأمطار غزيرة وعواصف رعدية وتوجد في مركز الإعصار منطقة تسمي بعين الإعصار يتراوح قطرها بين ١٠ – ٢٠ كم وهي منطقة خالية من السحب والرياح بها خفيفة إلي معتدلة ويوجد بها تموج بحري ثقيل ولهذا النوع من المنخفضات أسماء محلية تختلف من مكان إلي آخر.

ويمر الإعصار الاستوائي الدوار بأربع مراحل والمرحلة الأولي لتكون الإعصار الاستوائي الدوار هي الاضطراب الاستوائي الذي يحدث نتيجة تولد الرياح الدوارة الناتجة عن الاتزان بين قوة تدرج الضغط الجوي والقوة الطاردة المركزية في مناطق خطوط العرض المنخفضة حيث يكون التغيير في درجة الحرارة كبير وشديد بين درجة حرارة الهواء ودرجة

حرارة الماء. وبسبب هذا الاضطراب الموجود في منطقة الرياح التجارية المتاخمة للمناطق الاستوائية يبدأ تكون الإعصار وحتى الآن لا يوجد تفسير علمي دقيق يفسر نحول الإضراب الاستوائي في بعض الأوقات إلي إعصار وعدم تحوله في بعض الأوقات الأخرى بالرغم من تطابق الوضع في كلتا الحالتين.

والمرحلة الثانية لتكون الإعصار الاستوائي الدوار تسمي بالمنخفض الاستوائي **Tropical Depression** ويكون لهذا المنخفض أيسوبار مغلق واحد علي الأقل يصاحبه انخفاض في الضغط الجوي في الوسط وتزداد سرعة الرياح لتصل حوالي ٣٥ عقدة

والمرحلة الثالثة تسمي بالعاصفة الاستوائية **Tropical Storm** وفيها تزداد سرعة الرياح لتصل لحوالي ٧٠ عقدة وتزداد الأيسوبارات حول مركز العاصفة وتأخذ أشكال دائرية واضحة

والمرحلة الرابعة والأخيرة هي مرحلة تكون الإعصار الاستوائي الدوار **Tropical Revolving storm** وتتكون رياح شديدة تصل سرعتها ما بين ٨٥ –١١٠عقدة

وتعتبر الأعاصير الاستوائية الدوارة من أخطر الظواهر الجوية علي سلامة الملاحة البحرية حيث أنها تسبب دمارا كبيرا للسفن التي تقع تحت تأثيرها.

ولتكون الأعاصير الاستوائية الدوارة يجب أن تتوافر الشروط التالية:

- خط العرض يجب أن يكون أكبر من ٥ ° شمالا أو جنوبا من خط الاستواء
- مساحة كبيرة من المياه المحيطية الساخنة
- وجود إضرابات علي شكل أخاديد في طبقات الجو العليا

ومن المعروف أن الأعاصير الاستوائية الدوارة لا تتكون في المحيط الأطلنطي الجنوبي للأسباب التالية:

- درجة حرارة الماء السطحية تكون منخفضة
- المنخفضات المدارية التي تتكون منها الأعاصير الاستوائية الدوارة نادرا ما تتكون فوق المحيط الأطلنطي الجنوبي
- منطقة التجمع بين المدارية تبقي شمال خط الاستواء طوال العام

(منطقة التجمع بين المدارية **Inter-Tropical Convergence Zone** هي المنطقة التي تتقابل فيها الرياح التجارية في نصفي الكرة الشمالي والجنوبي)

والجدول التالي يبين الأسماء المحلية للأعاصير الاستوائية الدوارة في الأماكن التي يكثر بها حدوث هذه الأعاصير وأنسب الأوقات لحدوثها

منطقة حدوث الإعصار الاستوائي الدوار	الاسم المحلي للإعصار الاستوائي الدوار	أنسب الأوقات لحدوث الإعصار الاستوائي الدوار
المحيط الأطلنطي الشمالي	هاريكين Hurricane	من يونيو إلي نوفمبر
جنوب الهند	سيكلون Cyclone	من فبراير إلي أبريل
خليج العرب	سيكلون Cyclone	جميع شهور السنة ما عدا فبراير ومارس وأغسطس
خليج البنغال	سيكلون Cyclone	جميع شهور السنة ما عدا يناير وفبراير ومارس
شمال غرب المحيط الهادي والصين	تيفون Typhoon	جميع شهور السنة وتكثر خلال شهري يوليو وأغسطس
استراليا	ويللي ويللي Willy Willy	من ديسمبر إلي أبريل

حركة الأعاصير الاستوائية الدوارة:

تتحرك الأعاصير الاستوائية الدوارة من نقطة شرقية إلي نقطة غربية وبعد أن يصل الإعصار الاستوائي الدوار إلي نقطة غربية معينة ينحرف إلي الشرق فيتحرك من نقطة شرقية من نقطة غربية (ش ١١٤) وفيما يلي بعض التعاريف المستخدمة في حركة الأعاصير الاستوائية الدوارة:

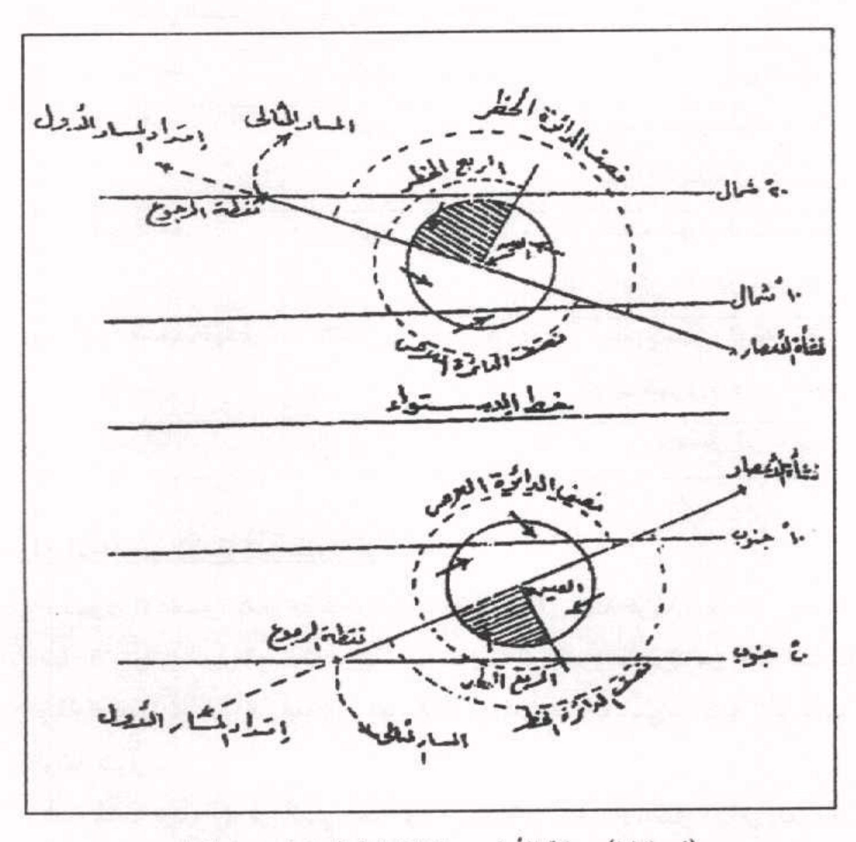
١- القمة (نقطة الرجوع): هي أقصي نقطة غربية يصل إليها مركز الإعصار قبل أن ينحرف ويغير اتجاهه ويتحرك من نقطة شرقية إلي نقطة غربية.

٢- نصف الدائرة الملاحي: هي نصف الدائرة الواقع علي جانب مسار الإعصار البعيد عن الاتجاه العادي الذي يدور إليه الإعصار (أي يكون علي الجانب الاستوائي للمسار) وتميل

السفينة الموجودة في نصف الدائرة الملاحي إلي أن تقذفها الرياح بعيدا عن مركز الإعصار وبعد أن يدور الإعصار تكون نصف الدائرة الملاحي في الجانب القطبي للمسار

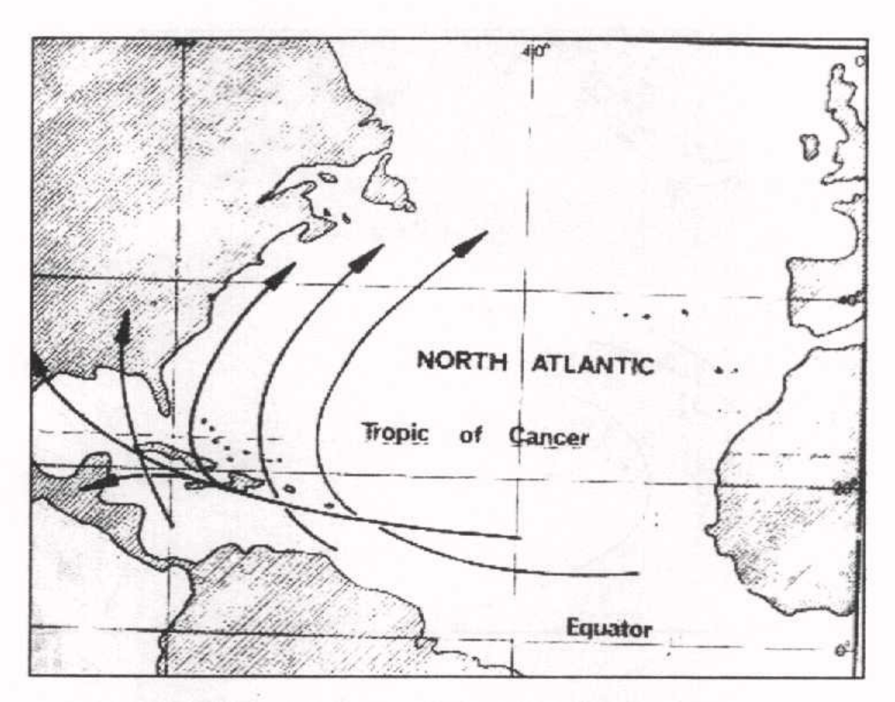
٣- نصف الدائرة الخطر: هي نصف الدائرة الواقع علي جانب مسار الإعصار من جهة الدوران العادية الذي يدور إليه الإعصار (أي يكون علي الجانب القطبي للمسار) وتميل السفينة الموجودة في نصف الدائرة الخطر إلي أن تقذفها الرياح تجاه مسار الإعصار الذي يسير إليه الإعصار أو ربما يدور الإعصار ويمر مركز الإعصار فوق السفينة.

٤- الربع الخطر: هو الربع المتقدم من نصف الدائرة الخطر.

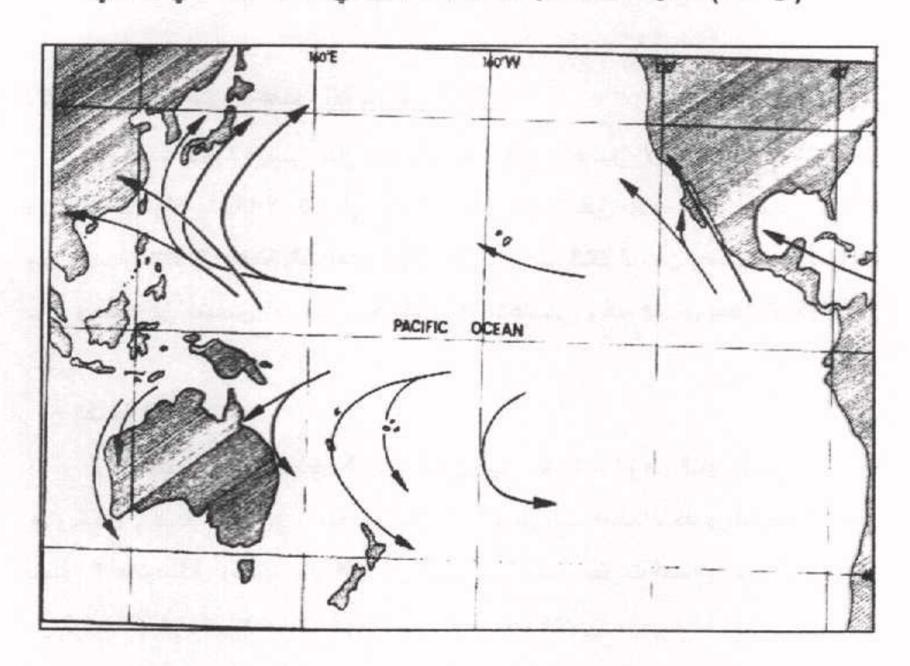


(ش ١١٤) حركة الأعاصير الاستوائية الدوارة ومساراتها

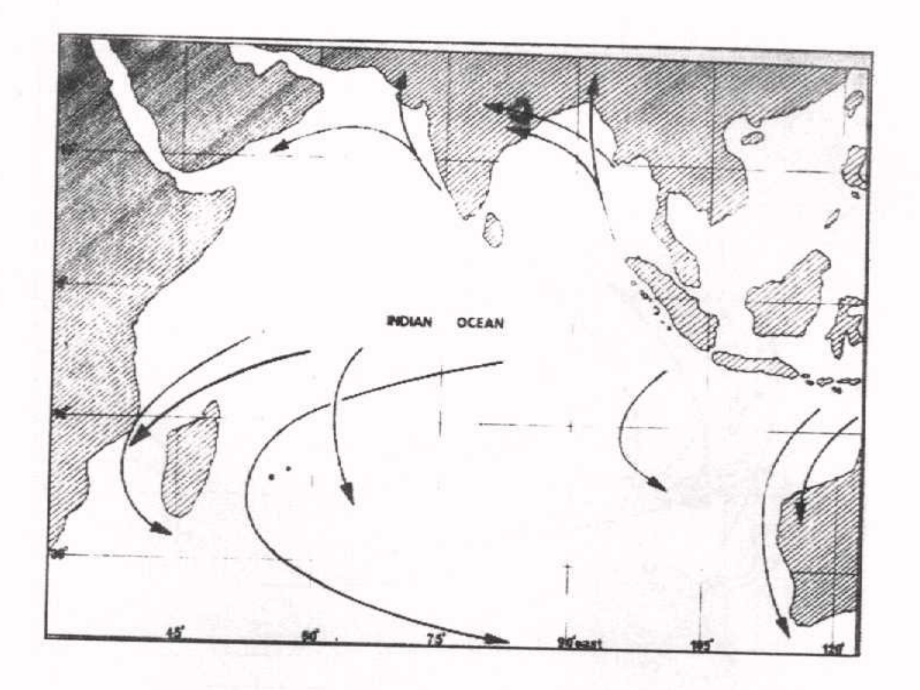
وتوضح الأشكال ١١٥ - ١١٦ - ١١٧ مسارات الأعاصير الاستوائية الدوارة في المحيط الأطلنطي الشمالي المحيط الهادي - المحيط الهندي علي التوالي.



(ش ١١٥) مسارات الأعاصير الاستوائية الدوارة في المحيط **الأطلنطي** الشمالي



(ش ١١٦) مسارات الأعاصير الاستوائية الدوارة في **المحيط الهادي**



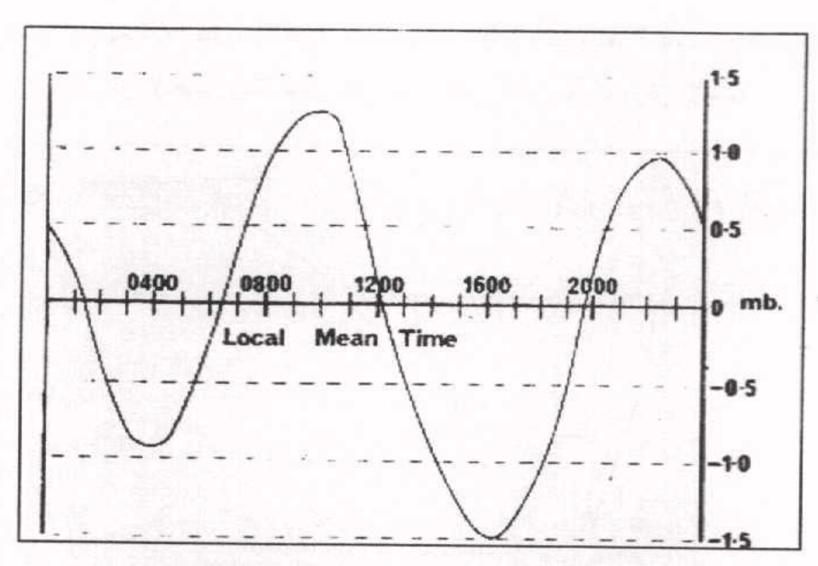
(ش ١١٧) مسارات الأعاصير الاستوائية الدوارة في المحيط الهندي

دلائل الاقتراب من الإعصار الاستوائي الدوار:

في معظم الأحوال يعطي إنذار باللاسلكي عن موقع الإعصار الاستوائي الدوار وشـــدته واتجاه حركته ولكن أحيانا لا يكون في الإمكان إصدار تحذير دقيق بالإعصار الاستوائي الـدوار ولذا يجب أن تهتم كل سفينة بالشواهد والدلائل التي تدل علي الاقتراب من إعصـــار اسـتوائي دوار وخاصة في المناطق التي يكثر فيها تكون هذه الأعاصير. وهذه الدلائل يمكن أجمالها فـــي التالي:

١- الضغط الجوي:

في المنطقة الاستوائية يتغير الضغط الجوي بقيم صغيرة جدا وهذا التغير لا يزيد عن ٣ هكتوبسكال (ميلليبار) كما هو واضح من شكل ١١٨ وعلي ذلك فعندما ينخفض الضغط الجـوي بمقدار ٣ هكتوبسكال (ميلليبار) أو أكثر فأن ذلك يعطي احتمال اقتراب اعصار اســتوائي دوار من المنطقة أو أن يكون أعصار استوائي دوار في مرحلة التكوين.



(ش١١٨) التغير النصف يومي للضغط الجوي في المناطق الاستوائية

وهناك ثلاث حالات لانخفاض الضغط الجوي هي:

- انخفاض بطيء ويكون خلاله التغير النصف اليومي واضحا ويحدث هذا عادة علي بعد حوالي ٥٠٠ – ١٢٠٠ ميل من مركز الإعصار.
- انخفاض واضح ويختفي خلاله التغير النصف يومي للضغط الجوي وهذا يحدث بين ٦٠ – ١٢٠ ميل من مركز الإعصار.
- انخفاض سريع ويحدث عادة بين ١٠ – ٦٠ ميل من مركز الإعصار.

وشكل ١١٩ يوضح انخفاض الضغط الجوي خلال إعصار استوائي دوار حدث خلال شهر مارس ١٩٩٣ ويعتبر هذا الإعصار أقوي إعصار حدث خلال القرن العشرين

The Storm of the Century

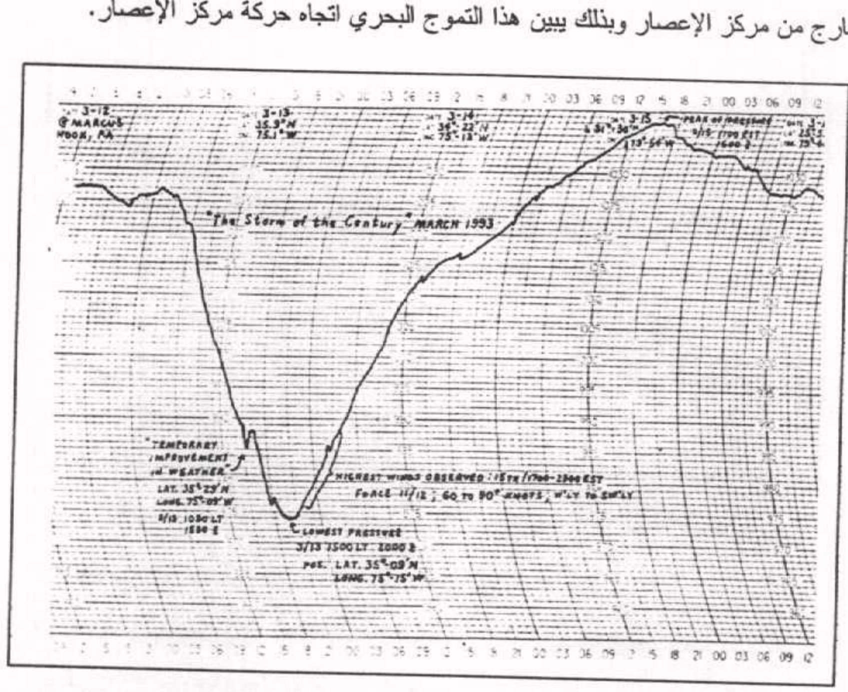
٢- الرياح:

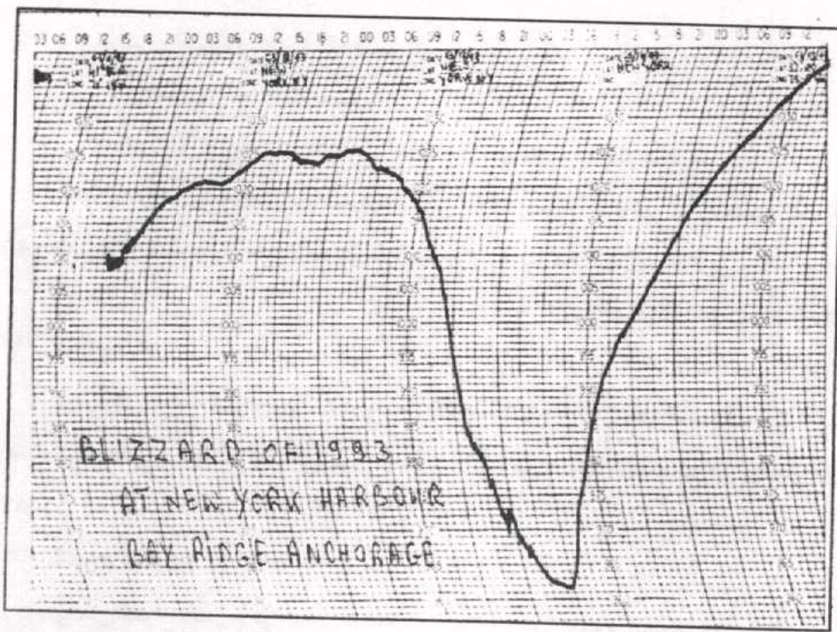
أن اشتداد الرياح فجأة وتغير اتجاهها عن الاتجاهات السائدة في هذه المنطقة يعطي دليلا واضحا علي اقتراب إعصار استوائي دوار أو دليل علي وجود إعصار استوائي دوار في دور التكوين

٣- التموج البحري:

يعطي التموج البحري في البحر المكشوف أول دليل علي وجود إعصار استوائي دوار ويمتد التموج البحري لمسافة اكبر من ١٠٠٠ ميل من الإعصار ويكون التموج البحري قويا

وواضحا علي بعد ٤٠٠ ميل من إعصار استوائي دوار كامل النمو ويتحرك التمـــوج البحـــري للخارج من مركز الإعصار وبذلك يبين هذا التموج البحري اتجاه حركة مركز الإعصار.





(ش١١٩) تغير الضغط الجوي أثناء إعصار استوائي دوار

٤- السحاب:

يسبق الإعصار الاستوائي الدوار سحاب السمحاق الممتد الكثيف ويتبعه كثيرا من سحاب الطبقي المزني وسحاب الركام المرني مع وجود سحاب سريع النمو عديم الشكل يطلق عليه اسم Scud

٥- الأحوال الجوية:

الأحوال الجوية المصاحبة للإعصار الاستوائي الدوار تتميز بالأمطار الغزيرة مع رياح شديدة وينعدم المطر عند مركز الإعصار ومن المعروف أن كمية الأمطار تعتمد علي سرعة الإعصار فالأعاصير التي تسير ببطيء تعطي كمية كبيرة من الأمطار في حين أن الأعاصير التي تسير بسرعة تعطي كمية من الأمطار أقل.

٦- الرادار:

تظهر الأعاصير الاستوائية الدوارة القوية علي شاشة الرادار علي مدي ١٠٠ ميل أو أكثر ويمكن لشخص متمرن أن يحدد بدقة حركة الإعصار الاستوائي الدوار ومكان وجوده ودرجة نموه وبذلك يمكن إصدار الإنذار قبل وصول الإعصار بعدة ساعات.

٧- التقارير الواردة من السفن والمحطات الأرضية والطائرات والأقمار الاصطناعية:

- السفن والمحطات الأرضية:

أن كل سفينة تشك في وجود أو تكوين إعصار استوائي دوار مطالبة بأن ترسل علي الفور رسالة تحذير من الإعصار للسفن الأخرى وللسلطات المختصة في المحطات الأرضية علي الشاطئ باستخدام كل الوسائل المتاحة لديها وذلك طبقا لاتفاقية سلامة الأرواح في البحار SOLAS وتقوم المحطات الأرضية بإذاعة تقارير الطقس في أوقات متكررة خلال اليوم باللاسلكي متضمنة كل المعلومات المختلفة وخاصة قيم الضغط الجوي

- الطائرات:

أن الطائرات المجهزة بأجهزة الرادار وبعض الأجهزة الأخرى تقوم بالطيران في المناطق المحتمل تواجد أو تكون أعاصير استوائية دوارة فيها وذلك لاكتشاف الأعاصير الاستوائية الدوارة في مراحلها المبكرة وبمجرد تحديد مكان إعصار جديد تقوم الطائرات بتحديد مكانه ومعرفة مساره ومراحل نموه ويتم إبلاغ المحطات الأرضية لإصدار إنذار بوجود إعصار

الأقمار الاصطناعية:

أن الصورة المرسلة من الأقمار الاصطناعية تعطي فكرة واضحة عن مركز الإعصار الاستوائي الدوار واتجاه حركته ومساره المحتمل.

الفرق بين الإعصار الاستوائي الدوار ومنخفضات العـــروض الوســطي: يمكـن تلخيص الفرق بين الإعصار الاستوائي الدوار ومنخفضات العروض الوسطي فيما يأتي:

الإعصار الاستوائي الدوار	منخفضات العروض الوسطي
تتكون في خط العرض ٥° – ٢٠° شمالا أو جنوبا	تتكون في خطوط عرض أكبر من ٢٠° شمالا أو جنوبا
ذات قطر صغير ما بين ٥٠ – ٨٠٠ ميل	ذات قطر كبير ما بين ١٠٠٠ – ٢٠٠٠ ميل
يحتوي علي كتلة هوائية واحدة ولا يوجد تغير ملحوظ في درجة حرارة الهواء عند مروره علي أي مكان ولا تصاحبه جبهات	يحتوي علي كتلتين هوائيتين مختلفتين ويوجد تغير في درجة حرارة الهواء وتصاحبه جبهة ساخنة وأخري باردة
تتحرك من نقطة شرقية إلي نقطة غربية	تتحرك دائما من نقطة غربية إلي نقطة شرقية
شكل واحد لخطوط تساوي الضغط طوال دورة حياة الإعصار	خطوط تساوي الضغط حول المنخفض الجوي تتغير باستمرار حركة المنخفض
تتكون في مناطق اتجاه الرياح فيها ثابت	تتكون في مناطق اتجاه الرياح فيها متغير
سرعة الرياح السطحية تصل إلي ١٥٠ عقدة وتقل سرعة الرياح بالارتفاع	سرعة الرياح السطحية نادرا ما تزيد عن ٥٥ عقدة وتزيد سرعة الرياح بالارتفاع
يشترط لتكونها مساحات كبيرة من المياه الدافئة	لا يشترط لتكونها مساحات كبيرة من المياه الدافئة
تتكون السحب الركامية والركامية المزنية مع بعض السحب الطبقية فوق الحدود الخارجية للإعصار ويصاحب السحب الركامية والركامية المزنية رخات من المطر والعواصف الرعدية	تتغير السحب والأحوال الجوية طبقا للجبهة ما إذا كانت جبهة ساخنة أم جبهة باردة حيث أن الأحوال الجوية المصاحبة للجبهة الساخنة تختلف عن الاحوال الجوية المصاحبة للجبهة الباردة

دورة حياة الإعصار الاستوائي الدوار: يتم تقسيم دورة حيـــاة الأعـــاصير الاســتوائية الدوارة إلي أربعة مراحل علي النحو التالي:

١-مرحلة البداية

٢- مرحله النمو

٣ مرحلة النضج

٤ مرحله الاضمحلال

١-مرحلة البداية: في هده المرحلة يتكون الإعصار في منطقة واسعة مـن منـاطق الضغـط المنخفض ويكون الضغط الجوي عند مركز المنخفض حوالي ١٠٠٠ هكتوبسكال وتكـون الرياح معتدلة إلي نشطة ولكن لا تصل إلي قوة العاصفة. ويبدأ السحاب في الظهور علـي شكل مجموعات متلاصقة ويبدأ السحاب الكثيف في الانتشار وفي نفس الوقت يبدأ التمـوج البحري في التكوين وينتشر من مركز العاصفة في جميع الاتجاهات.

٢-مرحلة النمو: بعض المنخفضات المتكونة في مرحلة البداية تنتهي قبل أن تصل إلي مرحلـة النمو والبعض منها يبدأ النمو علي النحو التالي:

- يقل الضغط الجوي بسرعة
- تصل الرياح إلي قوة العاصفة حيث تصل سرعتها حوالي ٢٥ - ٣٥ عقدة
- يكون النمو مصحوبا بسحاب علي شكل دائري أو شبه دائري

وخلال مرحلة نمو الإعصار يكون للإعصار منطقة تسمي عين الإعصار وهي مسـاحة دائرية صغيرة فوق مركز الإعصار وتكون الرياح فيها خفيفة إلي معتدلـة والسـحاب منعـدم بالإضافة إلي وجود تموج بحري ثقيل.

٣-مرحلة النضج: في هذه المرحلة تمتد مساحة منطقة الإعصار أفقيا حتى يصل قطرها إلـي حوالي ٤٠٠ ميل أو أكثر وتنشط الرياح وتسؤ الأحوال الجوية علي اليمين من اتجاه حركـة الإعصار في نصف الكرة الشمالي وعلي اليسار من اتجاه حركة الإعصار في نصف الكـرة الجنوبي (نصف الدائرة الخطر)

٤- مرحلة الاضمحلال: تتحرك الأعاصير في مرحلة النمو والنضج في اتجاه بعيدا عن خـط الاستواء وتموت معظم هذه الأعاصير عندما تصبح فوق الأرض أو عندما تأخذ الأعـاصير مسار شمال شرقي في نصف الكرة الشمالي ومسار جنوب شرقي في نصف الكرة الجنوبي فوق المحيط. ويستمر سقوط المطر الغزير وتقل سرعة الرياح وتصبح الرياح ضعيفة وبعد أن تدخل الأعاصير الاستوائية الدوارة إلى خطوط العرض المتوسطة تبدأ في النشاط مـن جديد وتتحول إلي منخفض عروض وسطي.

حركة الأعاصير الاستوائية الدوارة ومساراتها:

تتحرك الأعاصير الاستوائية الدوارة من نقطة غربية إلي نقطة شرقية بعيدا عن خط الاستواء. وتستمر الأعاصير الاستوائية الدوارة في نشاطها وفي الحركة حتى تتحرك فوق أرض يابسة فتضعف قوة الإعصار تدريجيا إلي أن يتلاشى أو يتحول الإعصار إلي منخفض جوي عادي ويبدأ في التحرك من نقطة شرقية إلي نقطة غربية مثل باقي المنخفضات العرضية. وفيما يلي وصف مختصر لحركة الأعاصير الاستوائية الدوارة في كلا من نصف الكرة الشمالي ونصف الكرة الجنوبي:

أ-**نصف الكرة الشمالي:** تتحرك الأعاصير الاستوائية الدوارة من نقطة شرقية إلي نقطة غربية في اتجاه غرب شمال غرب وعندما يصل الإعصار إلى خط عرض ٢٥° شمالا أو قريبا منها فأن الإعصار يغير اتجاهه بعيد عن خط الاستواء ويتحرك من نقطة غربية إلى نقطة شرقية ويتخذ مسار شمال شرقي ومعظم الأعاصير تستمر في حركتها في اتجاه شمال غرب حتى تصل إلى الأرض حيث تتلاشى هذه الأعاصير بسرعة.

ب-**نصف الكرة الجنوبي:** تتحرك الأعاصير الاستوائية الدوارة من نقطة شرقية إلي نقطة غربية في اتجاه غرب جنوب غرب وعدما يصل الإعصار إلى خط عرض ١٥° - ٢٠ ° جنوبا أو قريبا منها فأن الإعصار يغير اتجاهه بعيد عن خط الاستواء ويتحرك من نقطة غربية إلى نقطة شرقية ويتخذ مسار جنوب شرقي ومعظم الأعاصير تستمر في حركتها في اتجاه جنوب غربي حتى تصل إلى الأرض حيث تتلاشى هذه الأعاصير بسرعة.

ومن المعروف أن سرعة تقدم الأعاصير الاستوائية الدوارة حوالي ١٠ عقدة في مراحلها الأولى وتزداد سرعة تقدمها بازدياد خط العرض حتى تصل إلي حوالي ١٥ عقدة قبل أن تنحني وتتحرك من نقطة غربية إلي نقطة شرقية مثل باقي المنخفضات العرضية وتتقدم بسرعة حوالي ٢٠ - ٢٥ عقدة أو أكثر.

كيفية تفادي الأعاصير الاستوائية الدوارة:

إذا حدث شك في الاقتراب من إعصار استوائي دوار فيمكن تحديد الخطوات التي يتم لربان السفينة أتباعها لتفادي الإعصار الاستوائي الدوار علي النحو التالي:

١-تحديد اتجاه مركز الإعصار

٢-تحديد مسار الإعصار

٣ تحديد نصف الدائرة الموجود به السفينة هل هو نصف الدائر الملاحي ام نصف الدائرة الخطر

١ **تحديد اتجاه الإعصار** يمكن تحديد اتجاه الإعصار بواسطة تطبيق قانون بايزبالوت فيكون مركز الاعصار علي يدك اليمني في نصف الكرة الشمالي وعلي يدك اليسرى في نصف الكرة الجنوبي وتطبيق هذا القانون يعطي نتائج جيدة عندما يكون مركز الإعصار علي بعد حوالي ٢٠٠ ميل والضغط الجوي أقل من المعدل بحوالي ٥ **هكتوبسكال** وتكون الرياح قد ازدادت إلي قوة ٦ بيفورت

٢- **تحديد مسار الإعصار:** ويتم تحديد مسار الإعصار بتطبيق قانون بايربالوت بفارق ساعتين أو ثلاثة بين الرصدتين مع إدخال حركة السفينة في الاعتبار

٣-**تحديد نصف الدائرة الموجود به السفينة:** بعد تحديد مسار الإعصار واتجاه حركة مركز الإعصار يتم تحديد نصف الكرة التي تقع فيه السفينة هل السفينة في نصف الدائرة الملاحي أم السفينة في نصف الدائرة الخطر ؟ - هل السفينة في الربع الخطر أو علي مسار الإعصار؟ ويتم تحديد ذلك علي النحو التالي:

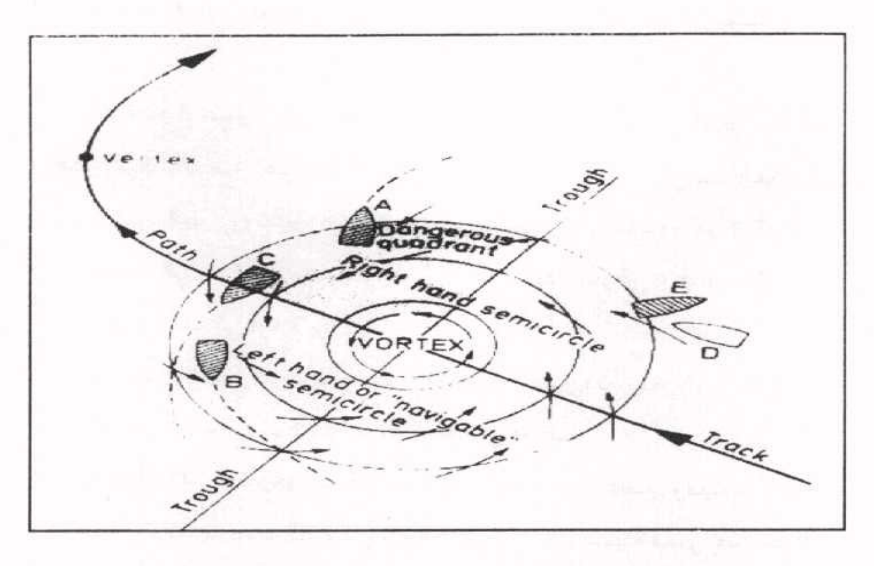
١. إذا ظل اتجاه الرياح ثابتا تقريبا بدون تغير فأن ذلك يدل علي أن السفينة علي خط سير الإعصار.

٢. إذا كانت الرياح تتقدم فأن ذلك يدل علي أن السفينة في نصف الدائرة الذي علي يمين خط سير الإعصار (نصف الدائر الخطر في نصف الكرة الشمالي - نصف الدائرة الملاحي في نصف الكرة الجنوبي)

٣. إذا كانت الرياح تتقهقر فأن ذلك يدل علي أن السفينة في نصف الدائرة الذي علي يسار خط سير الإعصار (نصف الدائر الملاحي في نصف الكرة الشمالي نصف الدائرة الخطر في نصف الكرة الجنوبي)

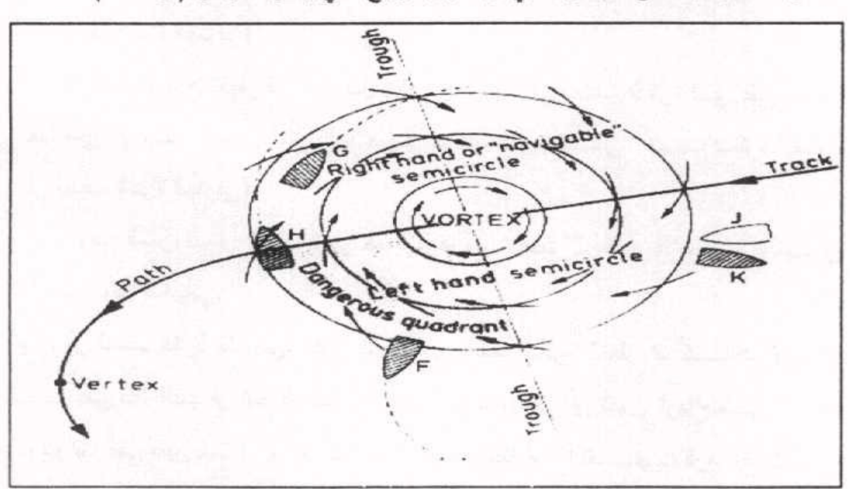
ومن المعروف أن السفينة تغير خط سيرها بعيدا عن مركز الإعصار ومسار الإعصار وفقا لما يأتي:

أولا: في نصف الكرة الشمالي: تكون السفينة في نصف الدائرة الخطر إذا كانت الرياح تتقدم وعلي ذلك يجب أن تتحرك السفينة بأقصى سرعتها علي أن تكون الرياح من ١ - ٤ كارتيزات علي يمين المقدم. أما إذا ظل اتجاه الرياح ثابتا أو إذا تقهقرت الرياح فتكون السفينة علي مسار الإعصار أو في نصف الدائرة الملاحي وفي هذه الحالة يجب أن تتحرك السفينة بأقصى سرعتها علي أن تكون الرياح علي يمين المد تماما (ش ١٢٠).



(ش ١٢٠) تفادي الأعاصير الاستوائية الدوارة في نصف الكرة الشمالي

ثانيا: في نصف الكرة الجنوبي: تكون السفينة في نصف الدائرة الخطر إذا كانت الرياح تتقهقر وعلي ذلك يجب أن تتحرك السفينة بأقصى سرعتها علي أن تكون الرياح من ١ – ٤ كارتيزات علي يسار المقدم. أما إذا ظل اتجاه الرياح ثابتا أو إذا تقدمت الرياح فتكون السفينة علي مسار الإعصار أو في نصف الدائرة الملاحي وفي هذه الحالة يجب أن تتحرك السفينة بأقصى سرعتها علي أن تكون الرياح علي يسار المؤخر (ش ١٢١).



(ش ١٢١) تفادي الأعاصير الاستوائية الدوارة في نصف الكرة الجنوبي

الباب السابع عشر

الأمواج البحرية

SEA WAVES



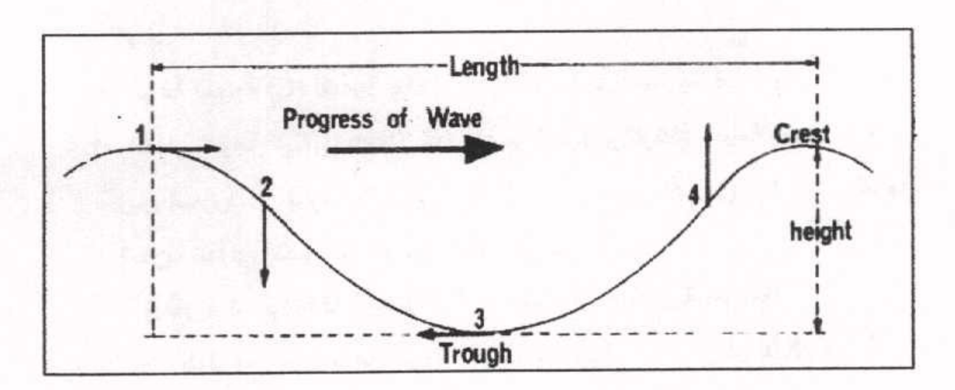


الباب السابع عشر

الأمواج البحرية

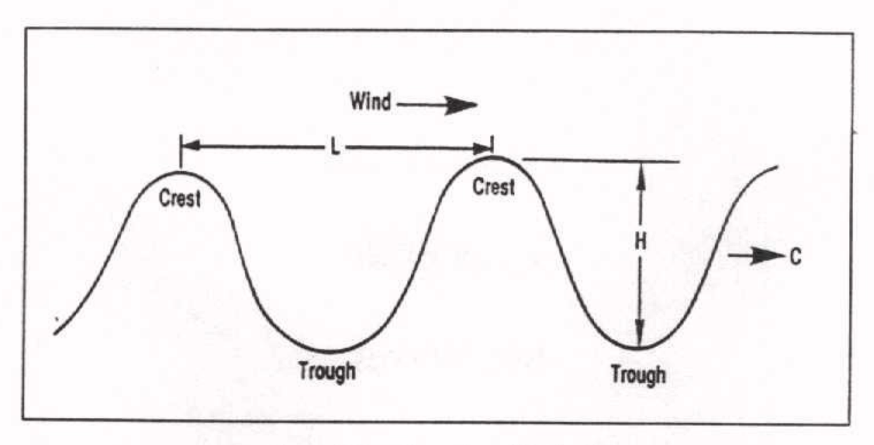
Sea Waves

من المعروف أن الأمواج البحرية الفعلية التي نلمسها في المحيطات والبحار معقدة التركيب ولذا سيتم مناقشة الأمواج التوافقية أولا وهذه الأمواج يمكن وصفها بأنها سلسلة من الأمواج المتوازية ذات القمم الملساء والمتساوية في الارتفاع وقمم هذه الأمواج تبعد عن بعضها البعض بمسافات متساوية وتسير بسرعة ثابتة في اتجاه عمودي علي القمة وهذه الأمواج تمثل التكوين الأولى للأمواج البحرية بالإضافة إلي أنها تشابه أمواج التموج البحري و شكل ١٢٢ يوضح الأمواج التوافقية البسيطة حيث أن الأسهم المرقمة من ١ إلي ٤ بداخل الشكل تدل على اتجاه حركة جزئيات الماء أثناء تقدم الموجه **Progress of wave**



(ش١٢٢) الأمواج التوافقية البسيطة

وبهبوب الرياح فوق سطح البحر يبدأ تكون الأمواج البحرية وشكل ١٢٣ يوضح عناصر الموجة البحرية وبدراسة شكل ١٢٣ يمكن توضيح التعاريف التالية:



(ش ١٢٣) عناصر الموجة البحرية

١-**قمة الموجة Wave Crest**: هي أعلا نقطة لجزئيات الماء إثناء تقدم الموجة البحرية.

٢- **قاع الموجه Wave Trough**: هي أدني نقطة لجزئيات الماء إثناء تقدم الموجة البحرية.

٣-**ارتفاع الموجه (H) Wave Height**: هو المسافة الرأسية بين قمة الموجة وقاع الموجة.

٤-**طول الموجة (L) Wave Length**: هو المسافة الأفقية بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتالين.

٥- **فترة الموجة (T) Wave Period**: هي الفترة الزمنية بين مرور قمتين متتاليتين بنقطة ثابتة.

٦- **سرعة الموجة (C) Wave Speed**: هي السرعة التي تتقدم بها قمم الموجة **($C = L/T$)**

٧- **انحدار الموجة (H/L) Wave Steep**: هو النسبة بين ارتفاع الموجة وطول الموجة ومن المعروف أن الموجة لا يمكنها أن تتحمل انحدار موجي أكبر من **1/7** أي أن الموجة البحرية تبدأ في التكسر عندما يكون **H/L** أكبر من **1/7**

ويمكن استخدام العلاقة الرياضية التالية لجميع الأمواج الدورية المتلاحقة

طول الموجة = سرعة الموجة X فترة الموجة أي أن **$L = C X T$**

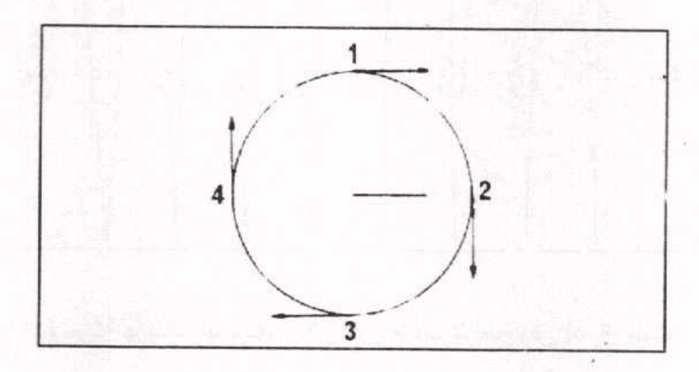
حركة جزئيات الماء تحت تأثير الرياح:

١-**حركة جزئيات الماء السطحية**: من المعروف أنه عندما تتقدم الأمواج خلال سطح البحار والمحيطات فأن جزيئات الماء السطحية تتحرك إلي أعلا وإلي أسفل ويصنع جزيئي الماء مسارا دائريا وتكون الحركة كما في شكل ١٢٤ كالأتي: حركة للأمام مع القمة (١) - حركة لأسفل عند ابتعاد القمة (٢) - حركة للخلف مع القاع (٣) - حركة لأعلا عند

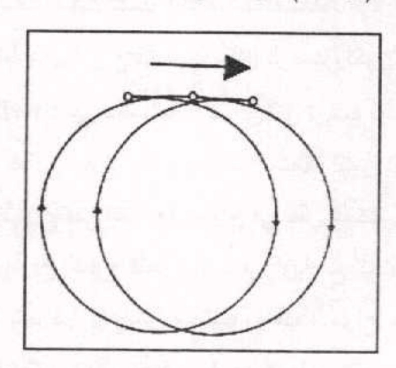
اقتراب القمة (٤). وفي النهاية لا يعود جزيئي الماء إلي النقطة التي بدأ منها حركته ولكـن توجد إزاحة قليلة للأمام (ش ١٢٥) ولهذا يوجد للأمواج البحرية طاقة حركة (حركة أفقيـة) وطاقة وضع (حركة رأسية) وعموما فأن نصف طاقة الأمواج تعتبر طاقة وضع ونصفـها الآخر يعتبر طاقة حركة ويمكن حساب طاقة حركة الأمواج بالمعادلة التالية:

طاقة حركة الأمواج = $(1/8)\ \rho\ g\ H^2$

حيث أن ρ هي كثافة ماء البحر – g هي عجلة الجاذبية الأرضية – H هي ارتفاع الموجة

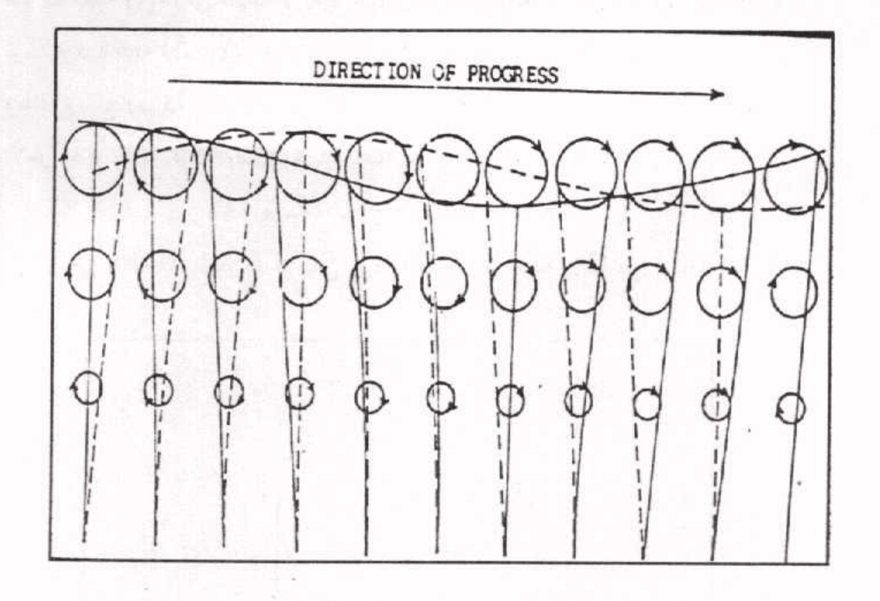


(ش١٢٤) حركة جزئيات الماء السطحية



(ش١٢٥) الإزاحة الأمامية لجزئيات الماء السطحية أثناء حركة الأمواج

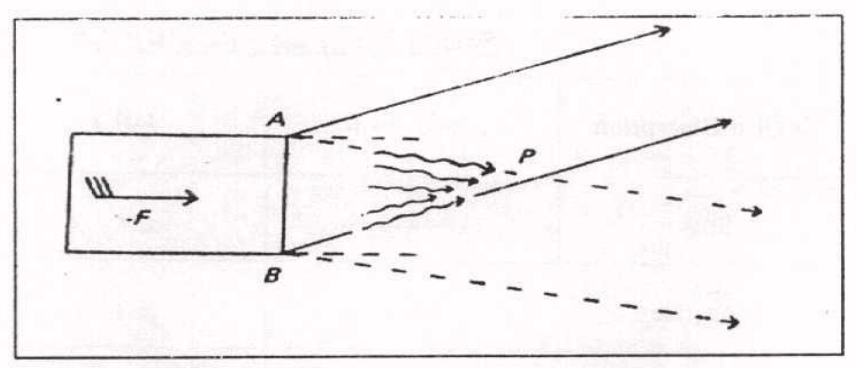
٢-**حركة جزئيات الماء مع الأعماق:** عند السطح يصنع جزيئي الماء مسارا دائريـا قطـره يساوي ارتفاع الموجه H ويقل هذا القطر الدائري كلما تعمقنا لأسفل وعند عمق يسـاوي نصف طول الموجة ½ L فإن قطر مسار جزئي الماء يساوي **0.04 H** وعنـد عمـق أكبر من نصف طول الموجة يمكن اعتبار أن الماء ساكن خالي من الأمواج (ش ١٢٦)



(ش١٢٦) حركة جزيئات الماء تحت تأثير الرياح عند السطح وفي أعماق مختلفة

<u>الأمواج البحرية Sea Waves والتموج البحري Swell:</u> الأمــواج البحريــة **Sea Waves** هي الأمواج التي تنشأ بفعل الرياح في نفس مكان الرصد وتكون تقريبا في نفس اتجـاه الرياح بينما التموج البحري **Swell** هي مجموعة الأمواج التي ترصد بعيدا عن مجال الريــاح التي سببت الأمواج أي أمواج بفعل رياح في مكان بعيد عن منطقة تكون الأمواج كمـــا يمكـن تعريف التموج البحري بأنها الأمواج التي تنشأ بفعل رياح في نفس المكــان وتلاشـت الريــاح ولكن الأمواج ظلت موجودة وأمواج التموج البحري تصنع زاوية مع اتجاه الرياح وأحيانا توجـد مجموعتان من التموج البحري تتحركان بزاويتين مختلفتين وهذه الأمواج عند رصدها تعـــرف بالتموج البحري المتقاطع وغالبا تتواجد الأمواج الناتجة عن الرياح والتموج البحري في نفـــس المكان ولكنها تأتي من اتجاهات مختلفة وارتفاع أمواج مختلف وفترة أمواج مختلفة.وشكل ١٢٧ التالي يوضح الأمواج البحرية في منطقة الرياح **F** وأمواج التموج البحري بعد تـــرك منطقــة الرياح المحددة بالخط **AB** في الموقع **p**

وقد أتفق دوليا علي استخدام الاصطلاحات التالية في وصف الأمواج البحريــة **Sea Waves** والتموج البحري **Swell** في رسائل الأحوال الجوية والتنبؤات الجوية للسفن والناقلات.



(ش١٢٧) مناطق تكون الأمواج البحرية ومناطق تكون التموج البحري

أولا: بالنسبة لارتفاع الأمواج البحرية Sea Waves Height:

English Discrption	الوصف بالعربي	الارتفاع
Calm glassy	ساكن زجاجي	صفر
Calm Rippled	ساكن مرتعش	٠ – ١ و٠ متر
Smooth (Wavelets)	هادئ	١ و٠ – ٥ و٠ متر
Slight	خفيف	٥ و٠ – ٢٥ و١ متر
Moderate	معتدل	٢٥ و١ – ٥ و٢ متر
Rough	مضطرب	٥ و٢ – ٤ متر
Very rough	مضطرب جدا	٤ – ٦ متر
High	عالي	٦ - ٩ متر
Very high	عالي جدا	٩ - ١٤ متر
Phenomenal	هائج	أكبر من ١٤ متر

ثانيا : بالنسبة لارتفاع التموج البحري Swell Height:

English Discrption	الوصف بالعربي	الارتفاع
Low	منخفضة	٠ – ٢ متر
Moderate	معتدلة	٢ –٤ متر
Heavy	ثقيلة (عالية)	أكبر من ٤ متر

ثالثا : بالنسبة لطول أمواج التموج البحري Swell Length:

English Discrption	الوصف بالعربي	طول موجة التموج البحري
Short	قصيرة	٠ – ١٠٠ متر
Average	متوسطة	١٠٠ – ٢٠٠ متر
Long	طويلة	أكبر من ٢٠٠ متر

تأثير التيارات البحرية علي الأمواج البحرية:

أولا: إذا كان اتجاه التيار البحري في نفس اتجاه الأمواج البحرية:

- ارتفاع الموجة يتناقص
- طول الموجة يزيد
- فترة الموجة لا تتأثر

ثانيا: إذا كان اتجاه التيار البحري في عكس اتجاه الأمواج البحرية:

- ارتفاع الموجة يزيد

- طول الموجة يتناقص
- فترة الموجة لا تتأثر

العوامل التي تؤثر علي نمو الأمواج البحرية:

١- سرعة الرياح (V) **Wind Speed**

٢- المسار البحري للرياح (F) **Fetch** وهي المسافة التي تقطعها الرياح فوق سطح البحر من مصدرها حتى وصولها إلي النقطة المراد حساب ارتفاع الموج عندها.

٣- زمن هبوب الرياح **Duration of the wind** وهو الزمن الذي تستغرقه الرياح للهبوب فوق سطح البحر من مصدرها حتى وصولها إلي النقطة المراد حساب ارتفاع الموج عندها

٤- عمق البحر **Water Depth (d) :**

ومن المعروف أنه كلما كان المسار البحري للرياح كبير وزمن هبوب الرياح كبير كلما كان ارتفاع الموج كبير.

الأمواج البحرية في المياه العميقة Deep Waves والمياه الضحلة Shallow Waves: يمكن التمييز بين أمواج المياه الضحلة وأمواج المياه العميقة علي النحو التالي:

- تعتبر الأمواج البحرية أمواج مياه ضحلة إذا كانت النسبة بين عمق الماء **d** وطول الموجة **L** أقل من ٢٥/١ أي أن **d/L** أقل من **1/25**
- تعتبر الأمواج البحرية أمواج مياه عميقة إذا كانت النسبة بين عمق الماء **d** وطول الموجة **L** أكبر من ٢/١ أي أن **d/L** أكبر من **½**

وتتحرك الأمواج البحرية بسرعة C في المياه العميقة ويمكن حساب سرعة أمواج المياه العميقة بالمعادلة التالية:

$$C = \sqrt{g(L/2\prod)\tanh 2\prod(d/L)}$$

حيث أن g هي عجلة الجاذبية الأرضية ,L طول الموجة ,d عمق الماء بينما **tanh 2Π** هي الظل الزائدي للزاوية **2Π**

ويعتبر الماء عميقا إذا كان عمقه **d** يزيد عن ١/٢ طول الموجه السطحية **L** أي أن **d/L** أكبر من ١/٢ - إذا كان **d/L** = ١/٢ فأن

$$C = \sqrt{g(L/2\prod)\tanh\prod}$$

وحيث أن **tanh Π = 0.99** لذلك فأنه في حالة **d/L** أكبر من ١/٢ فأن

$$C = \sqrt{g(L/2\prod)}$$

$$C = \sqrt{9.8(L/6.28)}$$

$$C = \sqrt{1.56L}$$

$$C^2 = 1.56\ L$$

وحيث أن **L = C X T** فيمكن استنتاج أن **C^2 = 1.56 (C X T)**

وبذلك يمكن حساب سرعة الأمواج السطحية في المياه العميقة بالعلاقة التالية:

<u>C = 1.56 T</u>

حيث أن C هي سرعة الأمواج السطحية في المياه العميقة (مقاسه بالمتر / ثانية) ,T هي فترة الأمواج البحرية (مقاسه بالثانية)

وحيث أن $L = C \times T$ فيمكن استنتاج أن

$$L / T = 1.56\ T$$

وبذلك يمكن حساب طول الموجة السطحية في المياه العميقة بالعلاقة التالية:

$$\underline{L = 1.56\ T^2}$$

حيث أن L هي طول الموجة البحرية (مقاس بالمتر) ,T هي فترة الأمواج البحرية (مقاسه بالثانية)

<u>نمو واضمحلال الأمواج البحرية الناتجة عن الرياح:</u> يمكن تلخيص نمو واضمحلال الأمواج البحرية الناتجة عن الرياح علي الوجه التالي:

- عندما تهب الرياح فوق سطح البحار والمحيطات تنتقل طاقة الحركة من الرياح إلي البحار والمحيطات ويستهلك جزء صغير من هذه الطاقة في تكوين التيارات البحرية بينما يستخدم الجزء الأكبر من طاقة الرياح في تكوين الأمواج البحرية.

- عندما يكون البحر ساكنا والرياح علي وشك أن تشتد فأن أول شيء يتكون هو الأمواج الحلزونية.

- عندما تبدأ سرعة الرياح في النشاط حتى تصل إلي ١٣ عقدة يبدأ ارتفاع وطول الموجة البحرية في الزيادة وتبدأ قمم الأمواج البيضاء في الظهور.

- باستمرار الرياح في النشاط وزيادة سرعة الرياح فأن ارتفاع الموجة البحرية يزيد ويصبح أكبر ما يمكن.

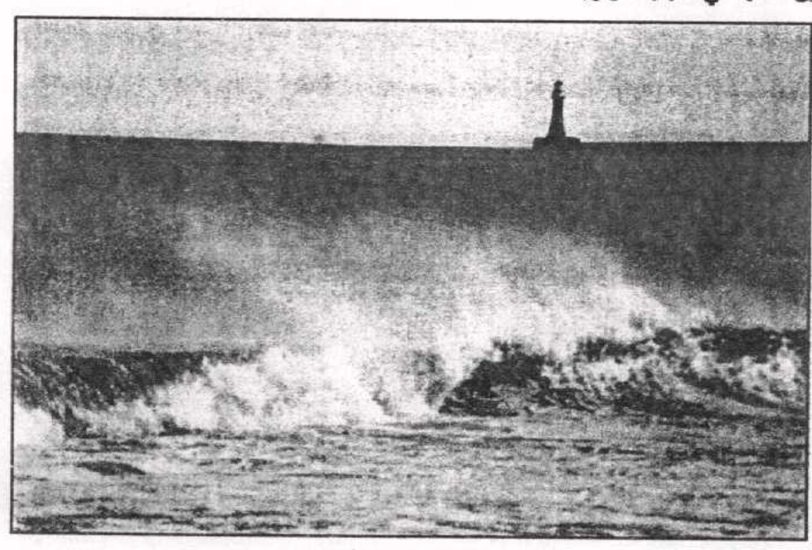
- عندما تستمر الرياح في الهبوب تبدأ الموجة البحرية في التكسر وتبدأ قممها البيضاء في الهبوب علي شكل موجات أطول وفي هذه الحالة تتساوى الطاقة المفقودة بواسطة الأمواج مع الطاقة المكتسبة من الرياح.

- عندما تكون الطاقة المكتسبة من الرياح أقل من الطاقة المفقودة بواسطة الأمـــواج فـــأن ارتفاع الموجة البحرية يقل وتبدأ الأمواج البحرية في الاضمحلال والتلاشي.

ومن المعروف أن اتجاه الأمواج البحرية يتم تحديده بواسطة اتجاه الرياح وبصفة عامـــة ففي البحر يكون اتجاه الأمواج البحرية مماسا لخطوط الايسوبارات.

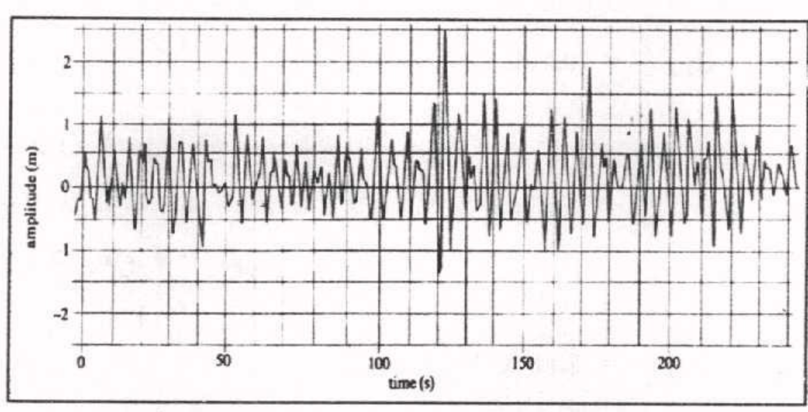
<u>تكسر الأمواج البحرية Breaking Waves:</u> عندما تصل الأمواج البحرية إلي منطقـة يقل فيها عمق الماء في اتجاه الشاطئ فأن الأمواج البحرية تتحول من أمواج مياه عميقـــة إلـــي أمواج مياه ضحلة وينتج عن ذلك أن ارتفاع الموجة يزداد وسرعة الموجة يقل. وكلما اقـــتربت الأمواج البحرية من مناطق ذات عمق أقل يصبح ارتفاعها أكبر ما يمكن ويقل استقرارها وتبـــدأ الأمواج البحرية في التكسر **Breaks** مكونة ما يعرف بمنطقة السيرف **Surf** (ش ١٢٨).

<u>انكسار الأمواج البحرية Waves Refraction:</u> من المعروف أن سرعة الأمـــواج البحرية في المياه العميقة تختلف عن سرعتها في المياه الضحلة وكلما اقتربت الأمواج البحريـــة من الشاطئ تبدأ الأمواج في الانكسار وباقترابها أكثر من الشاطئ فأن الأمواج البحرية تنحـــرف وتكون قممها في النهاية موازية لخط الساحل.

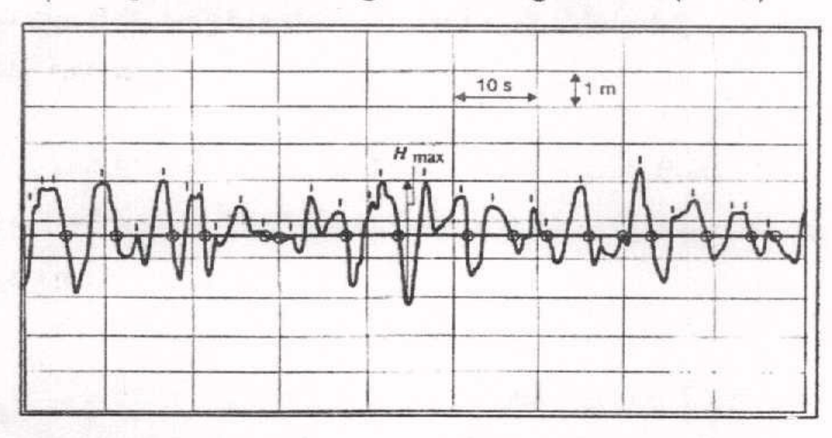


(ش ١٢٨) تكسر الأمواج

قياس الأمواج البحرية Wave Measurement: يتم قياس الأمواج البحرية بواسطة جهاز يعرف بمسجل الأمواج البحرية **Wave Recorder** وشكل ١٢٩ وشكل ١٣٠ التالين يوضحان تسجيل الأمواج البحرية المستخرج من جهاز تسجيل الأمواج البحرية حيث يمثل المحور الأفقي الزمن بالثانية و يمثل المحور الرأسي ارتفاع الموجة البحرية بالمتر ويلاحظ في شكل ١٣٠ أن الشرط الصغيرة تمثل قمم الأمواج بينما الدوائر الصغيرة تمثل نقط الصفر في التسجيل. وبدراسة هذا التسجيل يتبين أن ارتفاع الأمواج البحرية يتعرض لتغيرات كثيرة وغير منتظمة وعند معرفة ارتفاع الأمواج من هذا التسجيل يتم إيجاد ما يعرف بالارتفاع المعنوي للأمواج البحرية **Significant Wave Height** **($H_{1/3}$)** ويعرف الارتفاع المعنوي للأمواج البحرية **($H_{1/3}$)** بأنه متوسط ارتفاع الثلث الأعلى من الأمواج البحرية في التسجيل.



(ش ١٢٩) تسجيل الأمواج البحرية المستخرج من جهاز تسجيل الأمواج البحرية



(ش ١٣٠) تسجيل الأمواج البحرية المستخرج من جهاز تسجيل الأمواج البحرية

العلاقة بين ارتفاع الأمواج البحرية وسرعة الرياح: نتيجة للدراسات والبحوث التي تمت لإيجاد العلاقة بين ارتفاع الأمواج البحرية وسرعة الرياح وجد العديد من العلاقات الرياضية ومنها على سبيل المثال وليس الحصر وهي:

$$(1) \quad H_{1/3} = 0.02 \; V^2$$

$$(2) \quad H_{1/3} = 0.0133 \; V^2$$

$$(3) \quad H_{1/3} = 0.0233 \; V^2$$

$$(4) \quad H_{1/3} = 4.4264 \times 10^{-3} \; (V_{7.5})^{2.5}$$

$$(5) \quad H_{1/3} = 0.0182 \; (V_{19.5})^2$$

حيث أن $H_{1/3}$ هي ارتفاع الموج بالقدم , V هي سرعة الرياح بالعقدة عند ارتفاع ١٠ متر , $V_{7.5}$ هي سرعة الرياح بالعقدة عند ارتفاع ٧,٥ متر بينما $V_{19.5}$ هي سرعة الرياح بالعقدة عند ارتفاع ١٩,٥ متر

$$(6) \quad H_{1/3} = 2.14 \times 10^{-2} \; (U_{19.5})^2$$

حيث أن $H_{1/3}$ هي ارتفاع الموج بالمتر بينما $U_{19.5}$ هي سرعة الرياح بالمتر / ثانية عند ارتفاع ١٩,٥ متر.

وحيث أن سرعة الرياح تقاس بصفة عامة عند ارتفاع ١٠ متر فالمعادلة التالية توضح العلاقة بين سرعة الرياح المقاسة عند ارتفاع ١٠ متر والرياح التي تقاس عند أي ارتفاع h.

$$U_{10} = \frac{U_h}{1 + 0.1726 \,\mathrm{Log}\,(h/10)}$$

حيث أن U_{10} هي سرعة الرياح عند ارتفاع ١٠ متر بينما U_h هي سرعة الريــاح عنــد ارتفاع h متر.

التنبؤ بارتفاع وفترة الأمواج البحرية Wave Height and Wave Period Forecasting: التنبؤ بارتفاع وفترة الأمواج البحرية يحتاج لدقة كبيرة ويتم التنبؤ بارتفــاع وفترة الأمواج البحرية بطرق عديدة ومختلفة بعضها بسيط يستخدم العلاقــات الرياضيــة بيــن سرعة الرياح وارتفاع الأمواج والبعض الأخر يستخدم عوامل أخرى بالإضافة لسرعة الريــاح مثل المسار البحري للرياح (الفتش Fetch) وفترة هبوب الرياح **Wind duration** والفرق بين درجة حرارة الهواء ودرجة حرارة الماء **Air-Sea temperature difference** وهناك نماذج عددية للتنبؤ بارتفاع وفترة الأمواج البحرية **Numerical Wave modeling** تحتاج لكثير من العوامل الجو مائية ويتم استخدامها بواسطة الحاسب الآلي ويمكــن الرجــوع لكتــاب **Guide to Wave analysis and forecasting** الذي أصدرته المنظمة العالمية للأرصــاد الجوية في عام ١٩٩٨ تحت رقم ٧٠٢ **(No. 702 – WMO)** لدراسة النموذج العددي الــذي تضمنه هذا الكتاب. ويتم أيضا التنبؤ بارتفاع وفترة الأمواج البحرية باستخدام منحيات خاصــــة وهناك الكثير من هذه المنحيات التي تعتمد معظمها علي سرعة الرياح – فترة هبوب الريــاح – المسار البحري للرياح – خط عرض النقطة المراد حساب ارتفاع الأمواج عندها وغيرها مــــن العوامل ومن هذه المنحيات المنحنيات المنشورة بكتاب المنظمة العالمية للأرصاد الجوية المشار إليه بعالية والمنحنيات التي تستخدمها البحرية الأمريكية والمنحنيات التي تستخدمها الأدميراليـــة البريطانية وغيرها من المنحنيات ومنها المنحنيات التي وضعها العالم الألماني فــالدن. وســيتم في هذا الباب مناقشة التنبؤ بارتفاع وفترة الأمواج البحرية بواسطة منحيات المنظمــــة العالميــة للأرصاد الجوية **WMO** ومنحنيات العالم الألماني فالدن.

التنبؤ بارتفاع وفترة الأمواج البحرية باستخدام منحيات المنظمة العالمية للأرصاد الجويــــة:

شكل ١٣١ يوضح المنحنيات التي تضمنـــها كتــاب **Guide to Wave analysis and forecasting** الذي أصدرته المنظمة العالمية للأرصاد الجوية في عام ١٩٩٨ تحت رقــم ٧٠٢ **(No. 702 – WMO)** وهذا المنحنيات تشمل ما يأتي:

- منحي يمثل المسار البحري للرياح بالكيلومتر Fetch X in Km

- منحني يمثل فترة الموجة البحرية بالثانية Wave period Tc

- منحني يمثل سرعة الرياح بالمتر / ثانية Wind Speed u in m/s

- الخطوط الرأسية من أسفل إلي أعلا تمثل فترة هبوب الرياح بالساعة Wind duration in hours

- الخطوط الأفقية من اليسار إلي اليمين تمثل ارتفاع الموج المعنوي بالمتر

Significant Wave height Hc in m ($H_{1/3}$)

ولاستخدام المنحنيات الموضحة بشكل ١٣١ للتنبؤ بارتفاع وفترة الأمواج البحرية يتم ما يأتي:

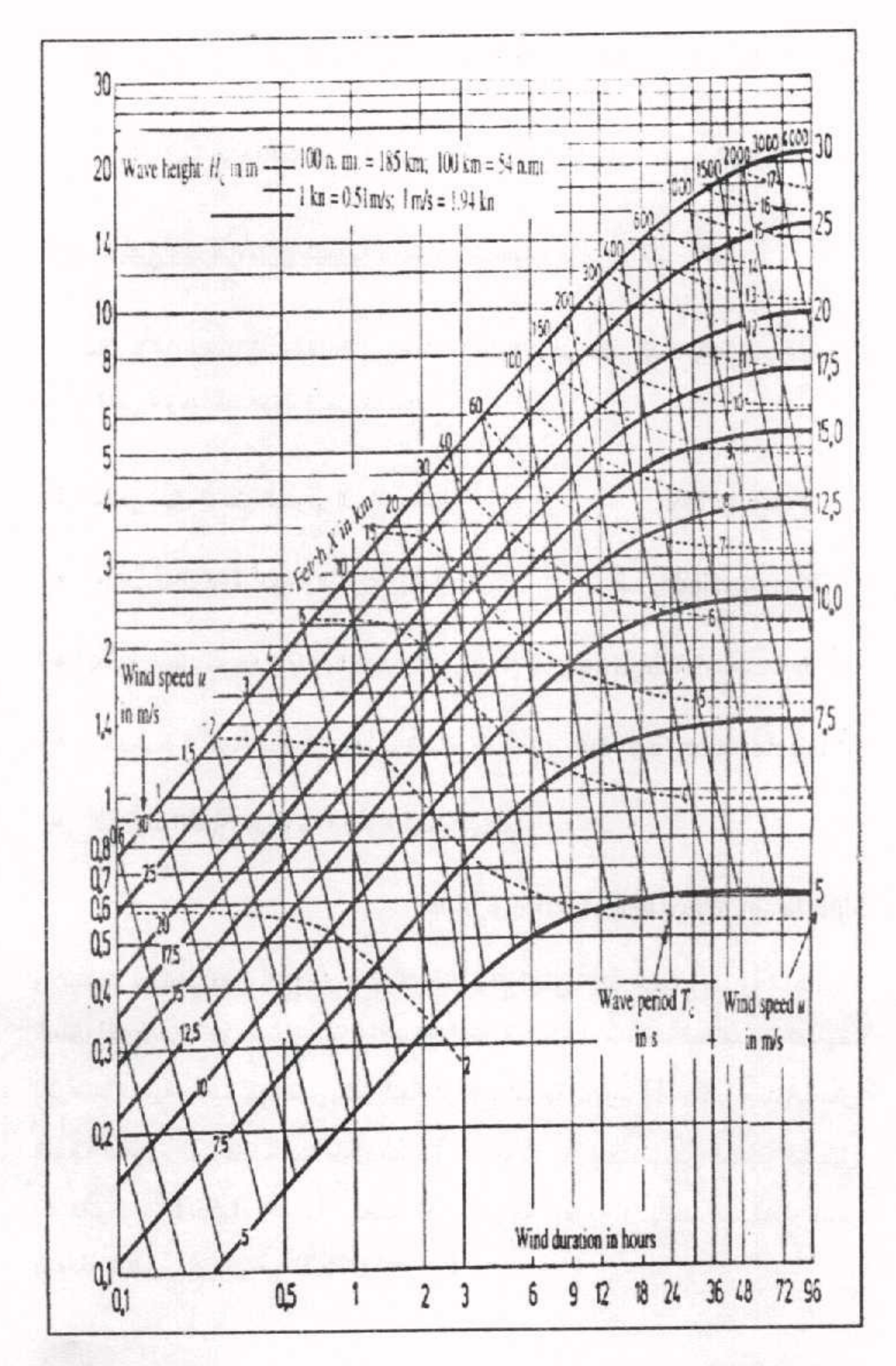
١- يتم معرفة سرعة الرياح السطحية والمسار البحري للرياح عند النقطة المراد تقدير ارتفاع وفترة الأمواج البحرية عندها.

٢- يحسب فترة هبوب الرياح.

٣- بواسطة سرعة الرياح والمسار البحري للرياح يوجد نقطة تقاطعهما مع منحني ارتفاع الأمواج فيتم معرفة ارتفاع الأمواج. ويوجد نقطة تقاطعهما مع منحني فترة الأمواج فيتم معرفة فترة الأمواج

٤- بواسطة سرعة الرياح وفترة هبوب الرياح يوجد نقطة تقاطعهما مع منحني ارتفاع الأمواج فيتم معرفة ارتفاع الأمواج. ويوجد نقطة تقاطعهما مع منحني فترة الأمواج فيتم معرفة فترة الأمواج

٥-يتم مقارنة ارتفاع الأمواج البحرية وفترة الأمواج البحرية التي تم حسابهم في الخطوة ٣ بالتي تم حسابهم في الخطوة ٤ السابقتين ويتم اختار أكبر قيمة منهما لارتفاع الأمواج البحرية H وكذلك أكبر قيمة منهما لفترة الأمواج البحرية T.



(ش ١٣١) التنبؤ بار عاع وفترة الأمواج البحرية باستخدام منحيات المنظمة العالمية للأرصاد الجوية

ولحساب قيمة طول الموجة البحرية L يتم استخدام المعادلة $L = 1.56 T^2$

ولحساب قيمة سرعة الموجة البحرية C يتم استخدام المعادلة $C = 1.56 T$

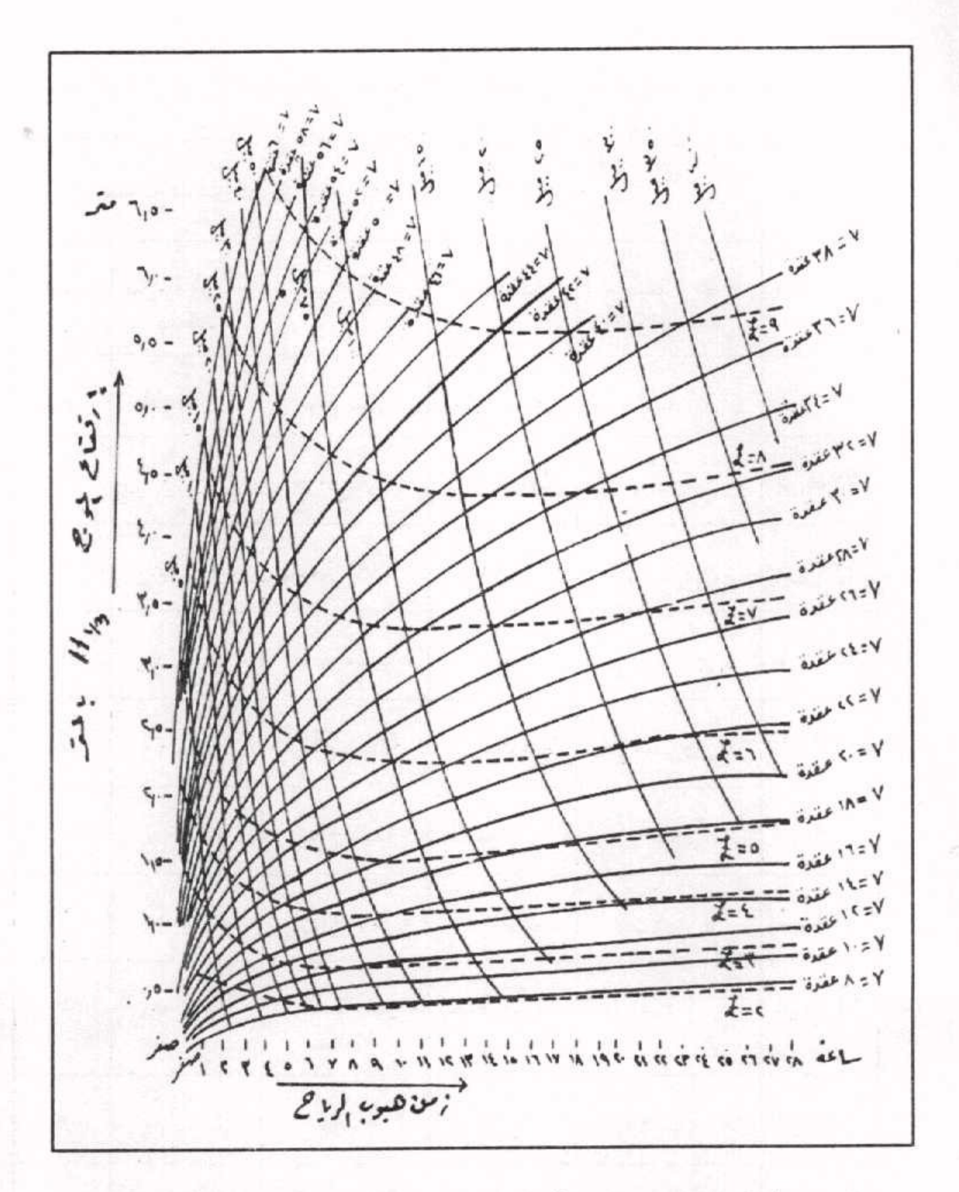
التنبؤ بارتفاع وفترة الأمواج البحرية باستخدام منحنيات العالم الألماني فالدن:

شكل ١٣٢ يوضح المنحنيات التي وضعها العالم الألماني فالدن للتنبؤ بارتفاع وفترة الأمواج البحرية وهذا المنحنيات تشمل ما يأتي:

- منحي يمثل المسار البحري للرياح بالميل **Fetch in Mile**
- منحني يمثل فترة الموجة البحرية بالثانية **Wave period f**
- منحني يمثل سرعة الرياح بالعقدة **Wind Speed V in Knots**
- الخطوط الرأسية تمثل فترة هبوب الرياح بالساعة **Wind duration in hours**
- الخطوط الأفقية تمثل ارتفاع الموج المعنوي بالمتر

Significant Wave height ($H_{1/3}$) in m

ولاستخدام منحنيات فالدن للتنبؤ بارتفاع وفترة الأمواج البحرية يتم اتباع نفس الخطوات السابق ذكرها في التنبؤ بارتفاع وفترة الأمواج البحرية باستخدام منحيات المنظمة العالمية للأرصاد الجوية وأيضا يتم اختيار أكبر قيمة لارتفاع الموجة البحريةH وأكبر قيمة لفترة الموجة البحرية T وعند حساب طول الموجة البحرية L يتم استخدام نفس المعادلة السابق ذكرها وهي $L = 1.56 T^2$ ولحساب فترة الموجة البحرية T يتم استخدام نفس المعادلة السابق ذكرها وهي $L = 1.56 T$

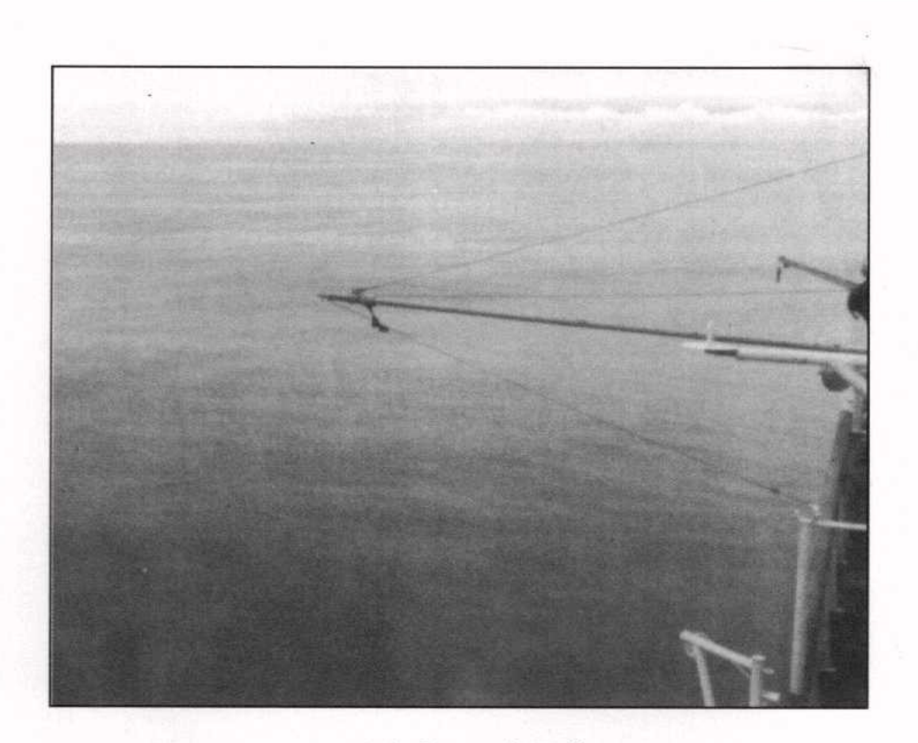


(ش ١٣٢) التنبؤ بارتفاع وفترة الأمواج البحرية باستخدام منحيات العالم الألماني فالدن

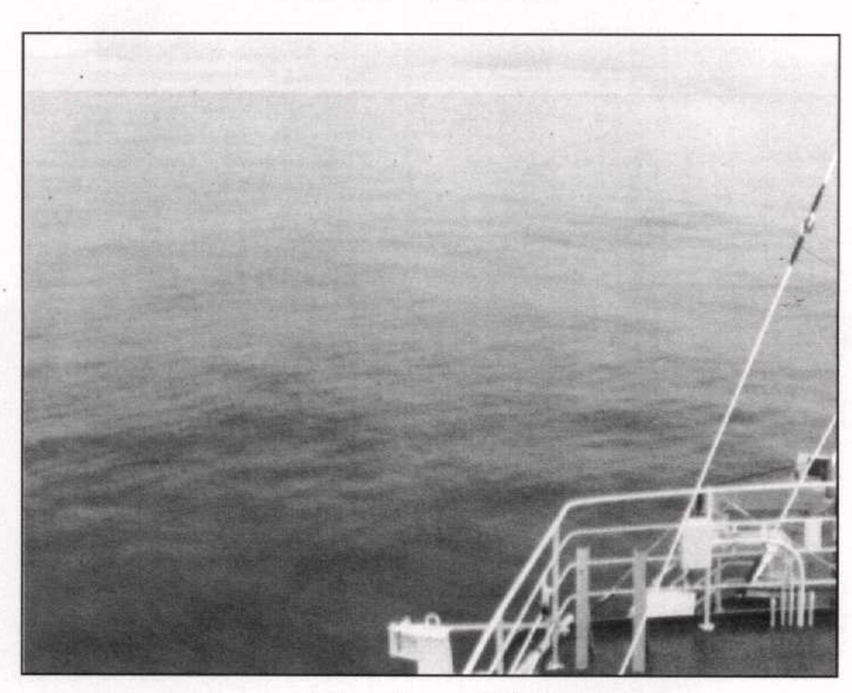
<u>مقياس بيفورت والأمواج البحرية:</u> أن أقدم علاقة معروفة توضح العلاقة بين قوة الرياح وحالة البحر هي مقياس بيفورت وهي العلاقة التي وضعت بمعرفة الأميرال السير بيفورت في عام ١٨٠٥ والجدول التالي يوضح العلاقة بين مقياس بيفورت وسرعة الرياح وحالة البحر ومتوسط ارتفاع الأمواج المتكون بالأمتار في كل حالة. ومن المعروف أن هذه العلاقة تقديرية

وليست دقيقة في كل الاحوال وتطبق فقط في البحر المفتوح ويراعـــي دائمـــا معرفـــة ارتفـــاع الأمواج بدقة بواسطة رصد ارتفاع الأمواج البحرية وفي حالة تعذر الرصد يتم معرفة ارتفـــاع الأمواج البحرية بإحدى الطرق المعروفة للتنبؤ بالأمواج البحرية.

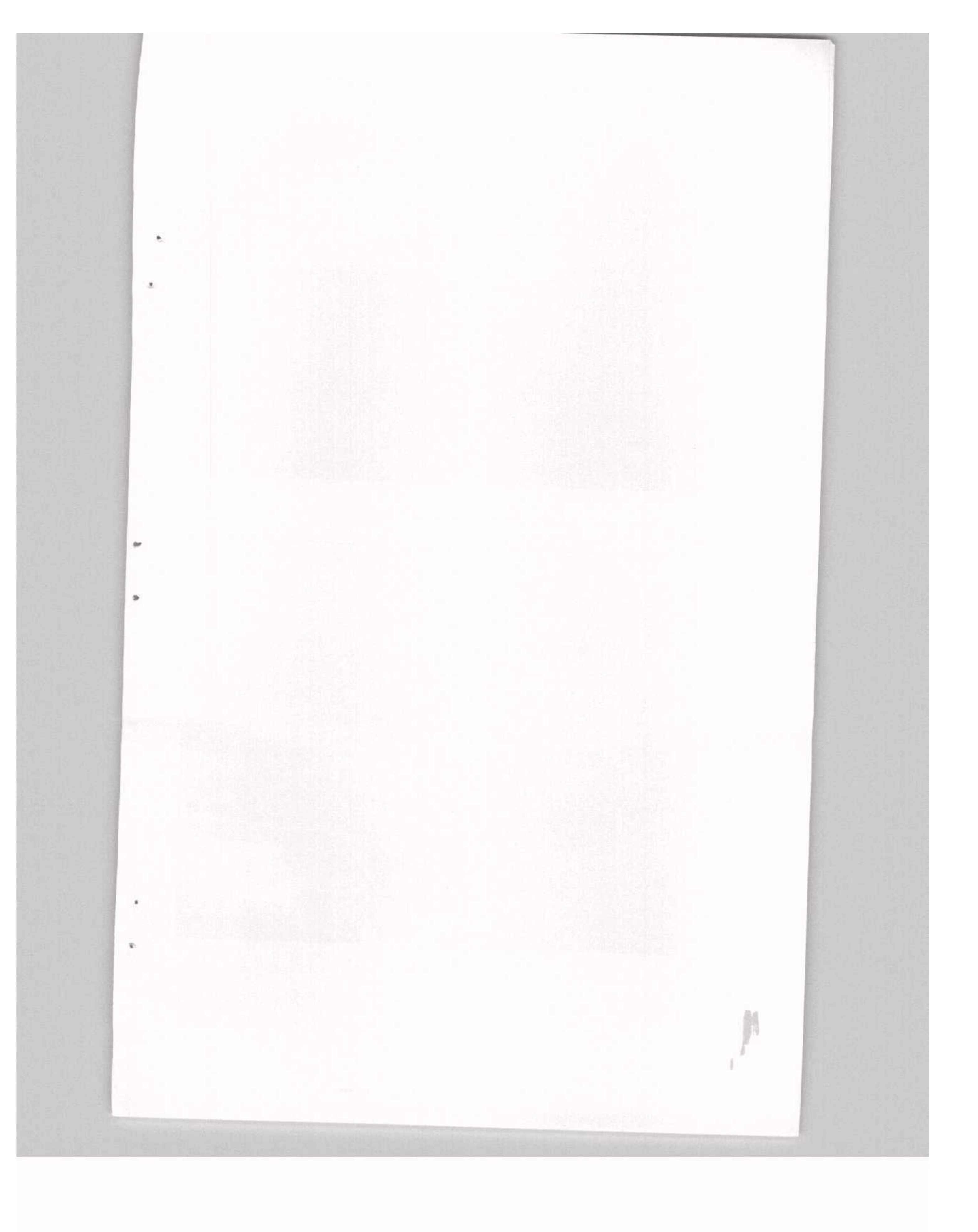
مقياس بيفورت	سرعة الرياح بالعقدة	اسم الرياح	وصف حالة البحر	متوسط ارتفاع الأمواج بالمتر	ملاحظات
صفر	أقل من ١	هواء ساكن	ساكن زجاجي	صفر	ش ١٣٣
١	١ – ٣	هواء خفيف	ساكن مرتعش	٠ –١و٠	ش ١٣٤
٢	٤ – ٦	نسيم خفيف	هادئ	١و٠ –٥و٠	ش ١٣٥
٣	٧ – ١٠	نسيم لطيف	خفيف	٥و٠ – ٢٥و١	ش ١٣٦
٤	١١ – ١٦	رياح معتدلة	معتدل	٢٥و١ – ٧٥و١	ش ١٣٧
٥	١٧ –٢١	رياح نشطة	معتدل	٧٥و١ – ٥و٢	ش ١٣٨
٦	٢٢ – ٢٧	رياح قوية	مضطرب	٥و٢ – ٤	ش ١٣٩
٧	٢٨ – ٣٣	عاصفة غير مكتملة	مضطرب جدا	٤ – ٦	ش ١٤٠
٨	٣٤ – ٤٠	عاصفة	عالي	٦ – ٩	ش ١٤١
٩	٤١ – ٤٧	عاصفة شديدة	عالي جدا	٩ – ١١	ش ١٤٢
١٠	٤٨ – ٥٥	زوبعة	عالي جدا	١١ –١٤	ش ١٤٣
١١	٥٦ – ٦٢	زوبعة مدمرة	هائج	أكبر من ١٤	ش ١٤٤
١٢	٦٤ فأكثر	إعصار	هائج	أكبر من ١٤	ش ١٤٥

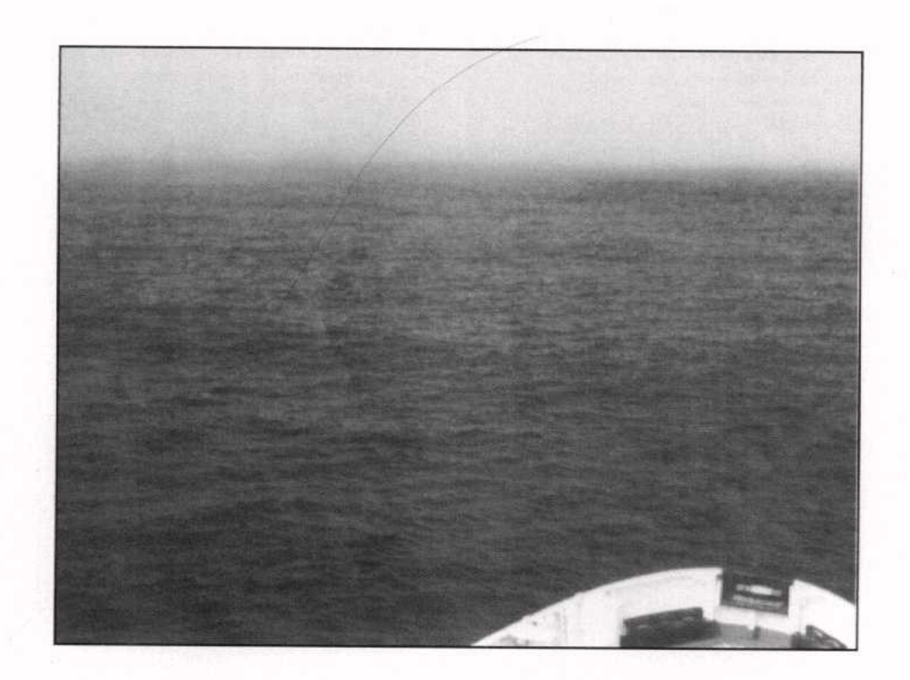


(ش ١٣٣) بحر ساكن زجاجي

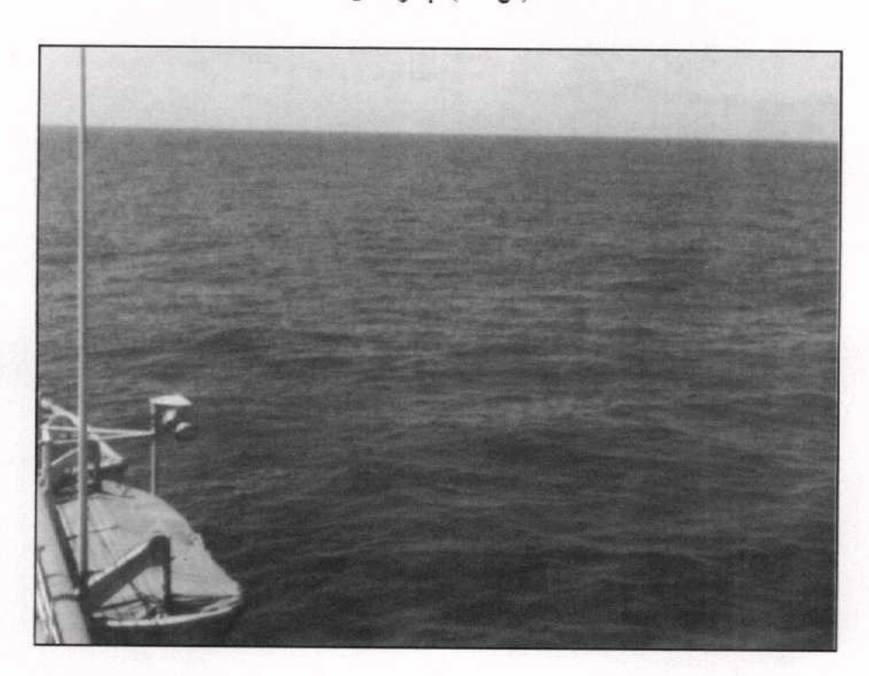


(ش ١٣٤) بحر ساكن مرتعش

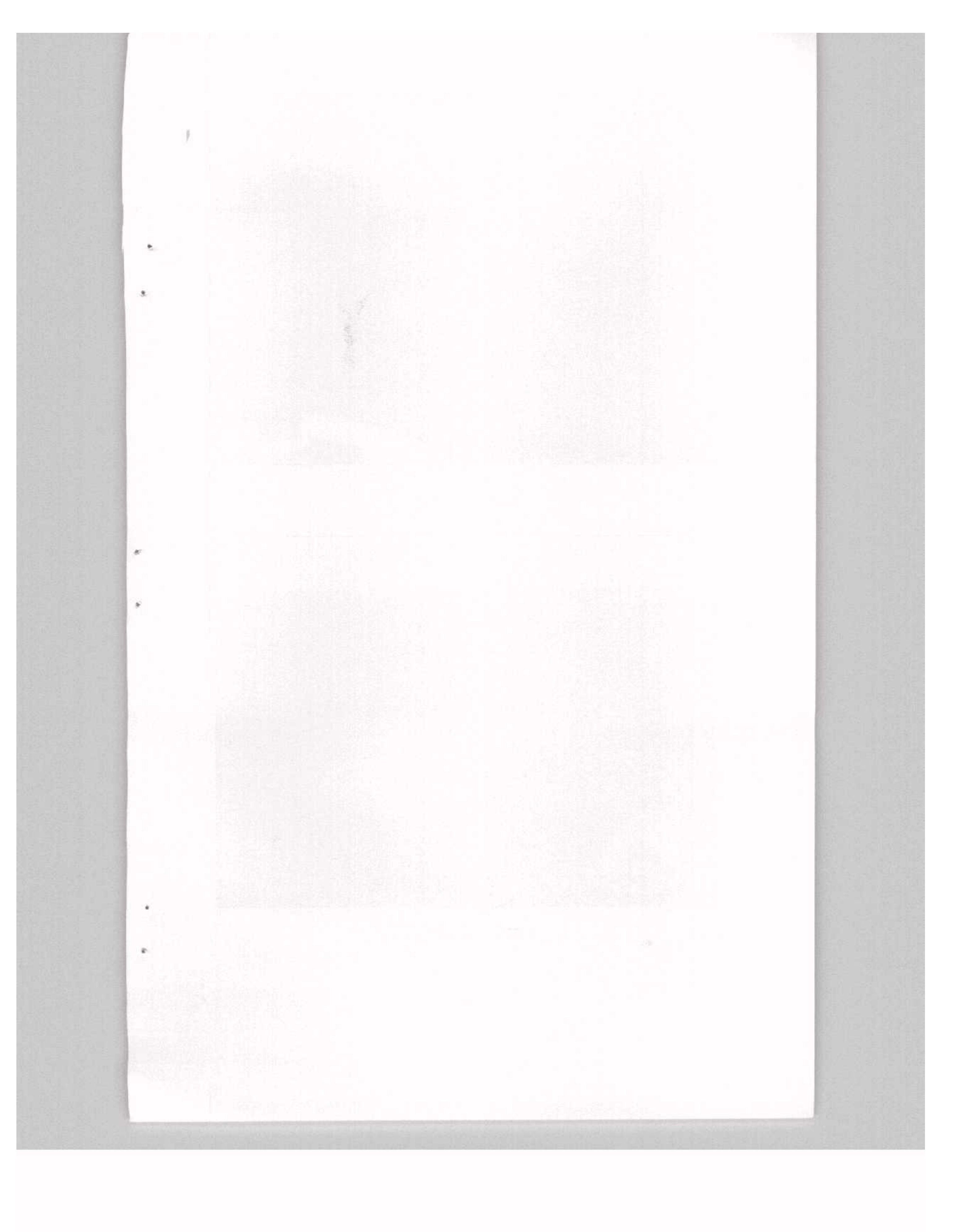


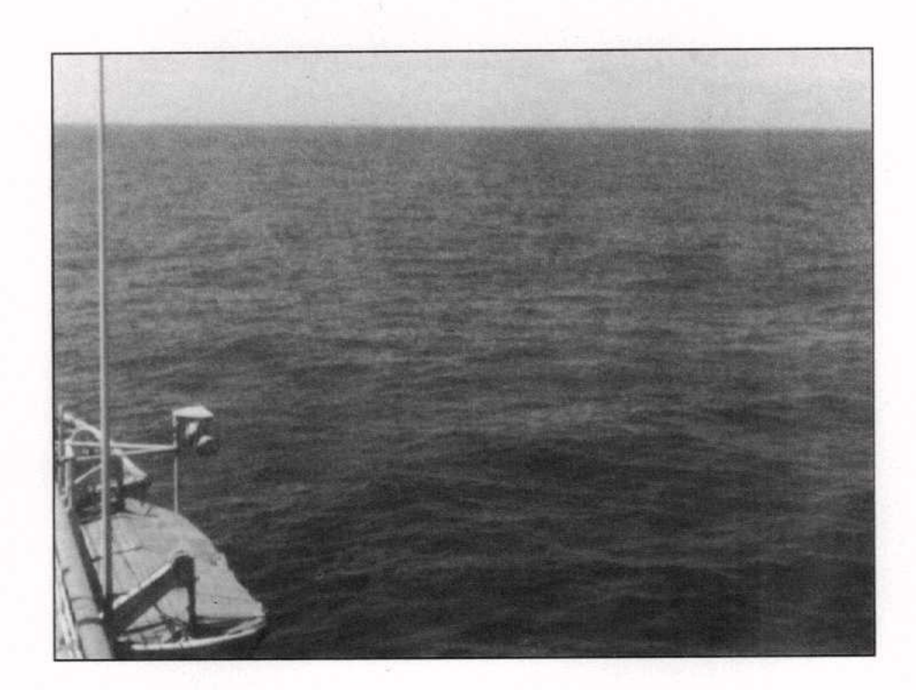


(ش ١٣٥) بحر هادئ

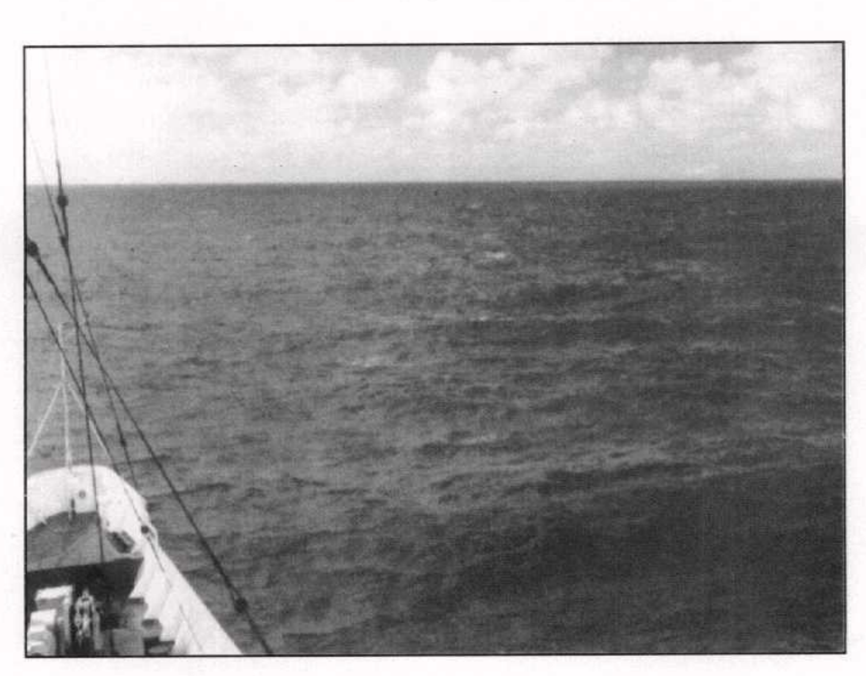


(ش ١٣٦) بحر خفيف

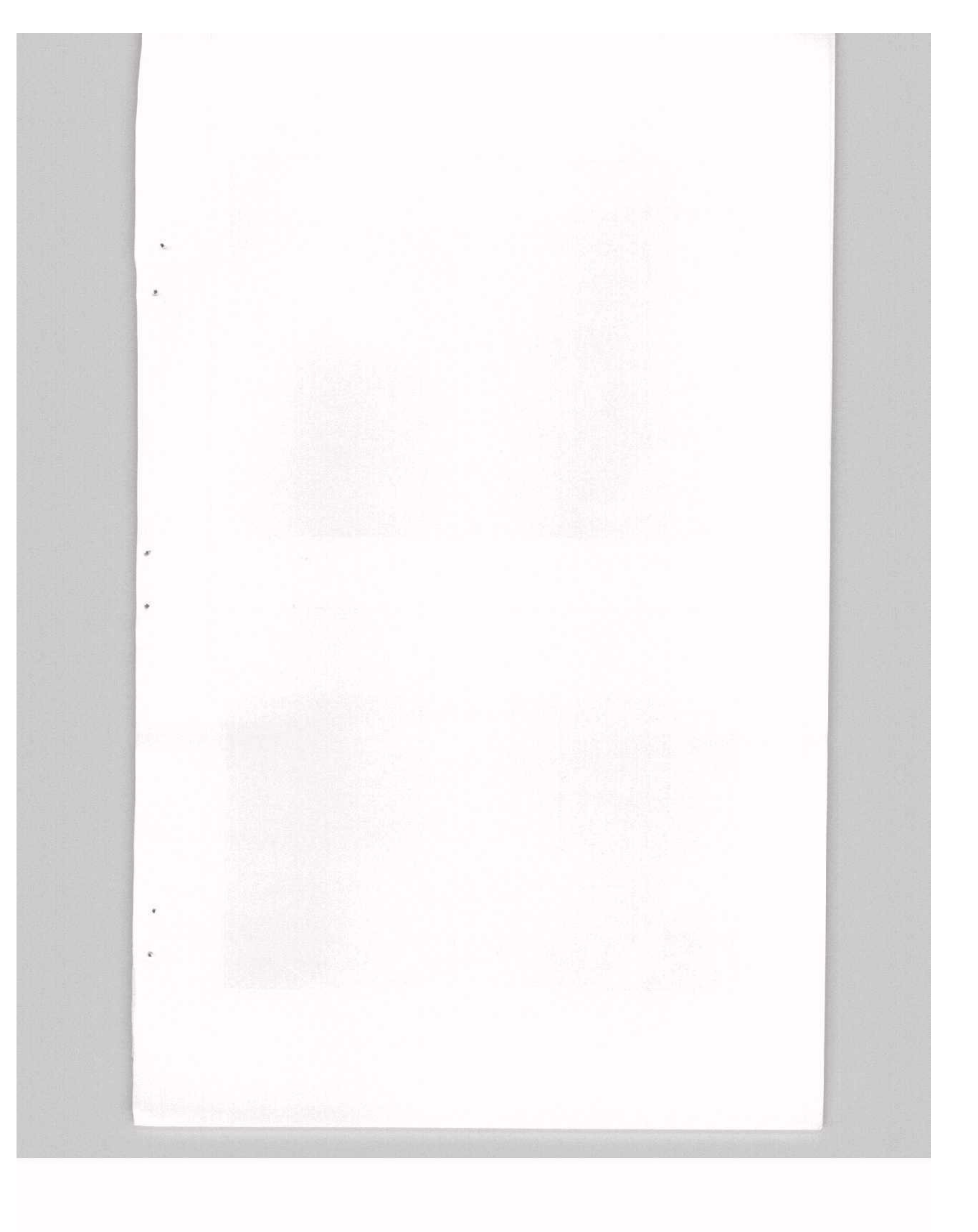




(ش ١٣٧) بحر معتدل

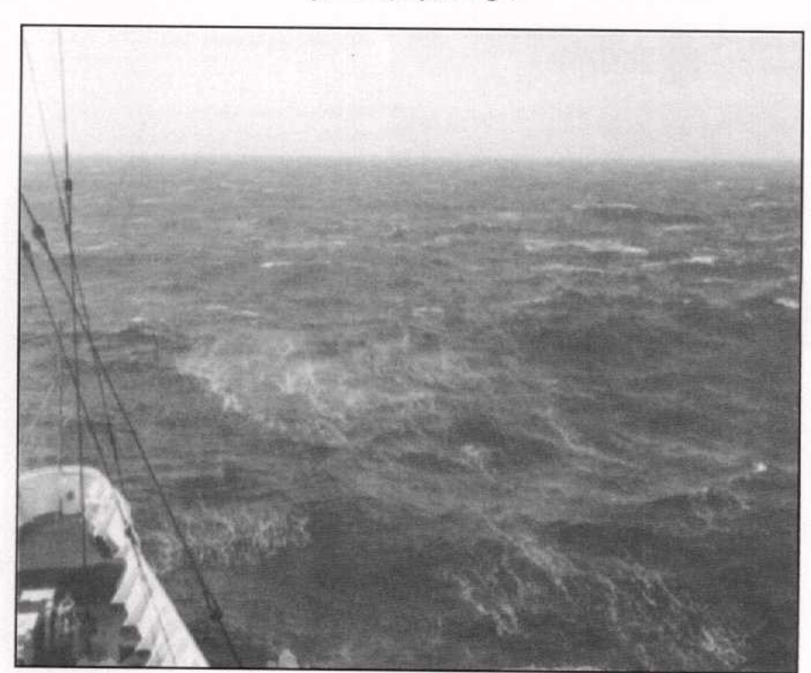


(ش ١٣٨) بحر معتدل

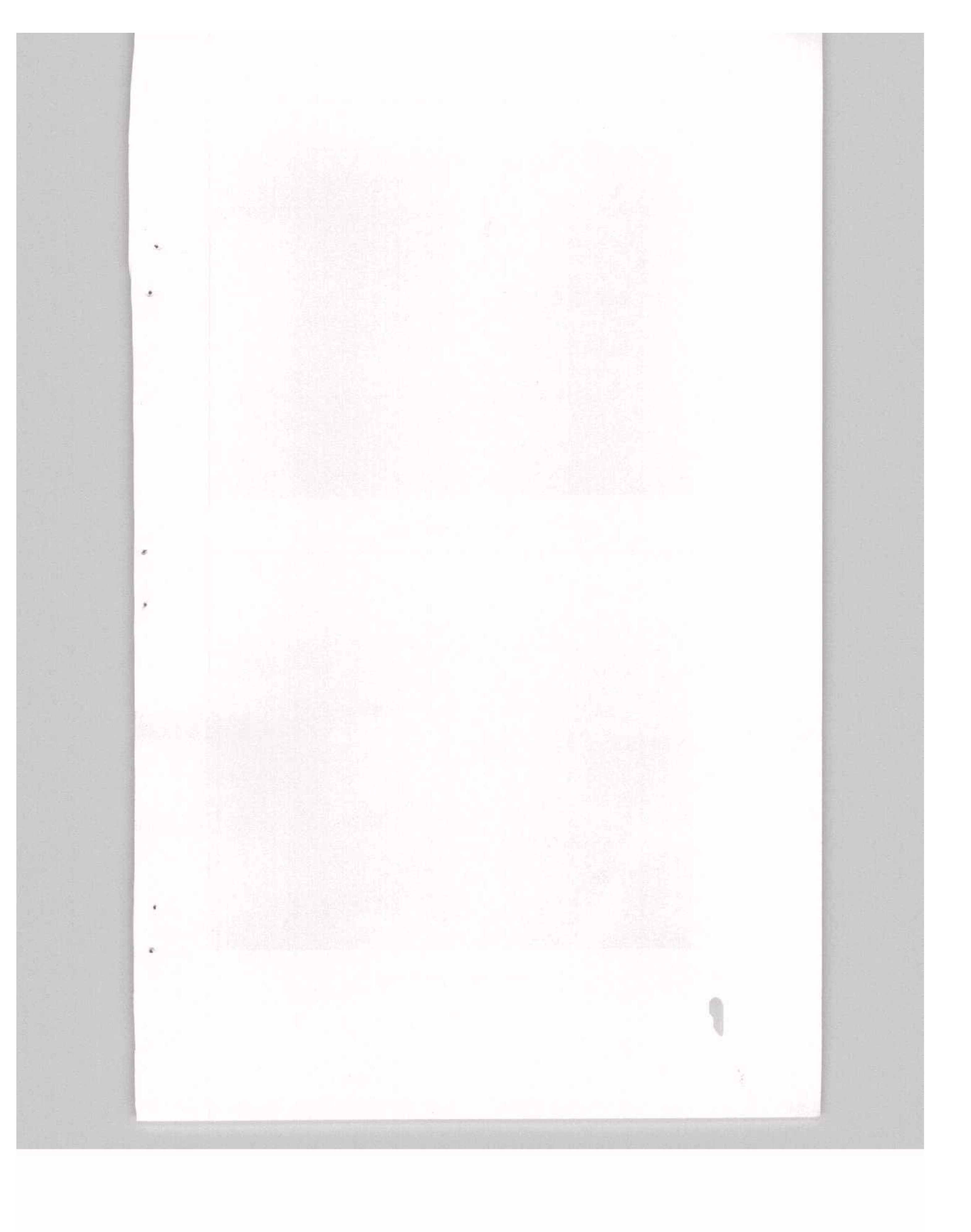


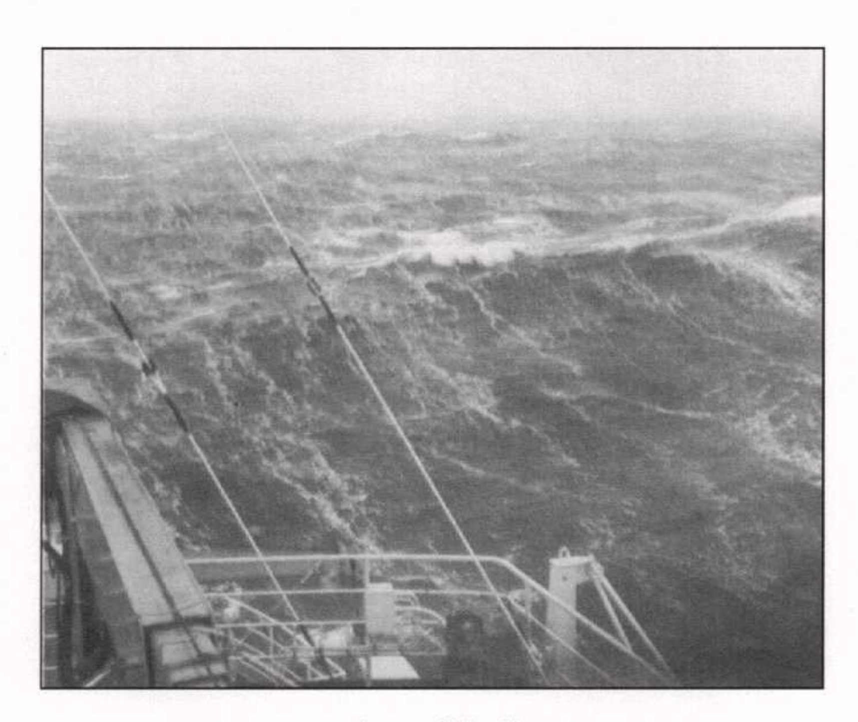


(ش ١٣٩) بحر مضطرب



(ش ١٤٠) بحر مضطرب جداً

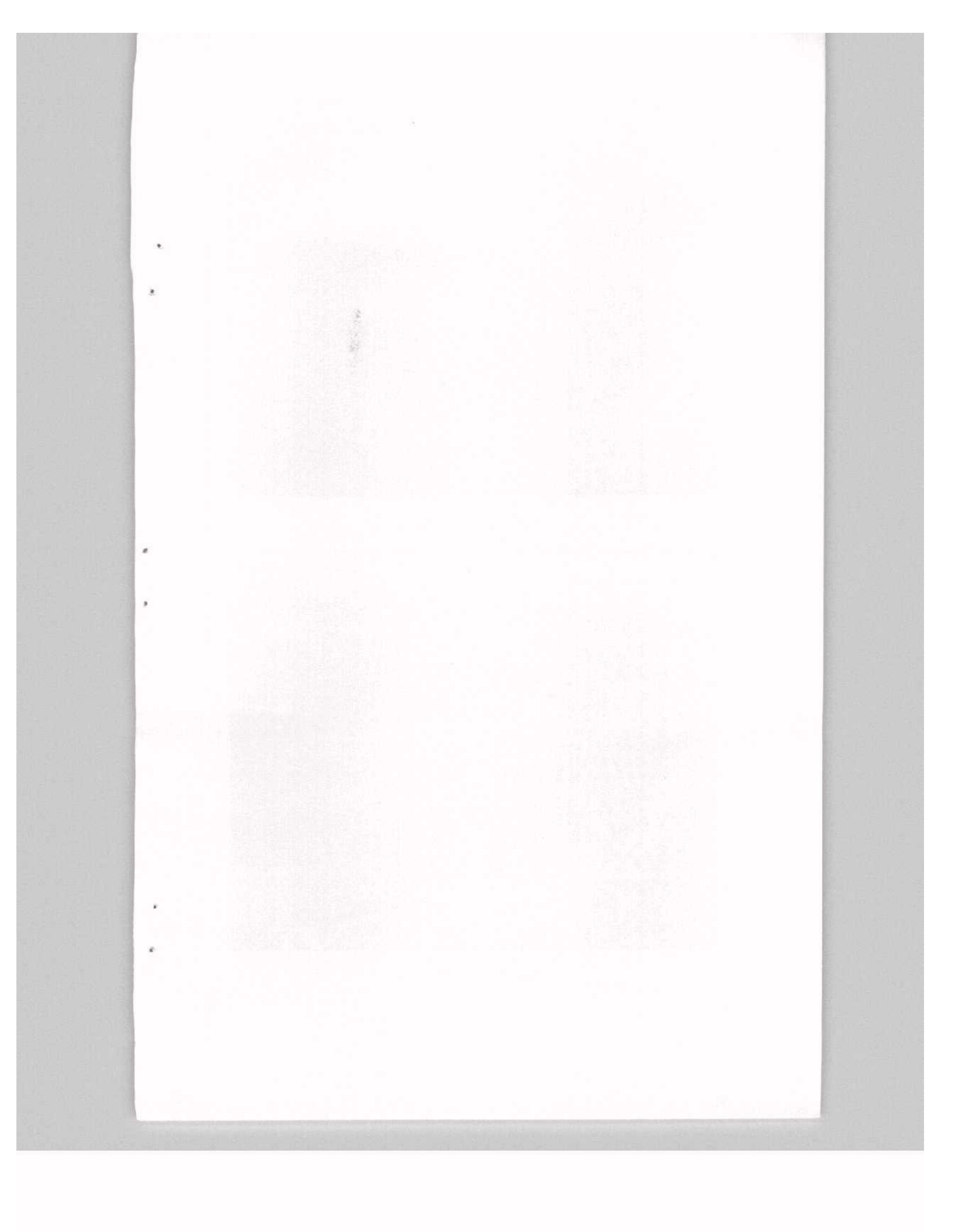




(ش ١٤١) بحر عالى

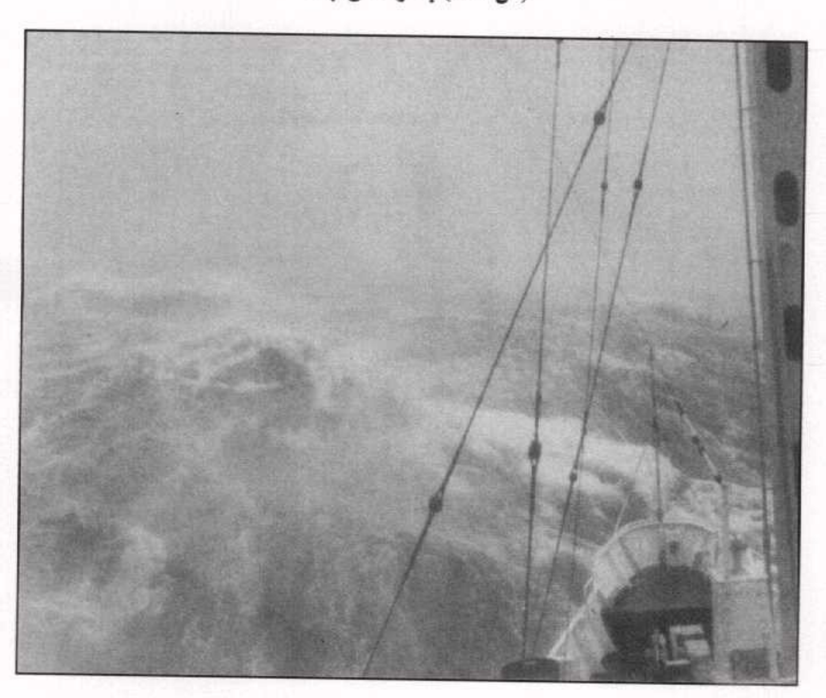


(ش ١٤٢) بحر عالى جداً

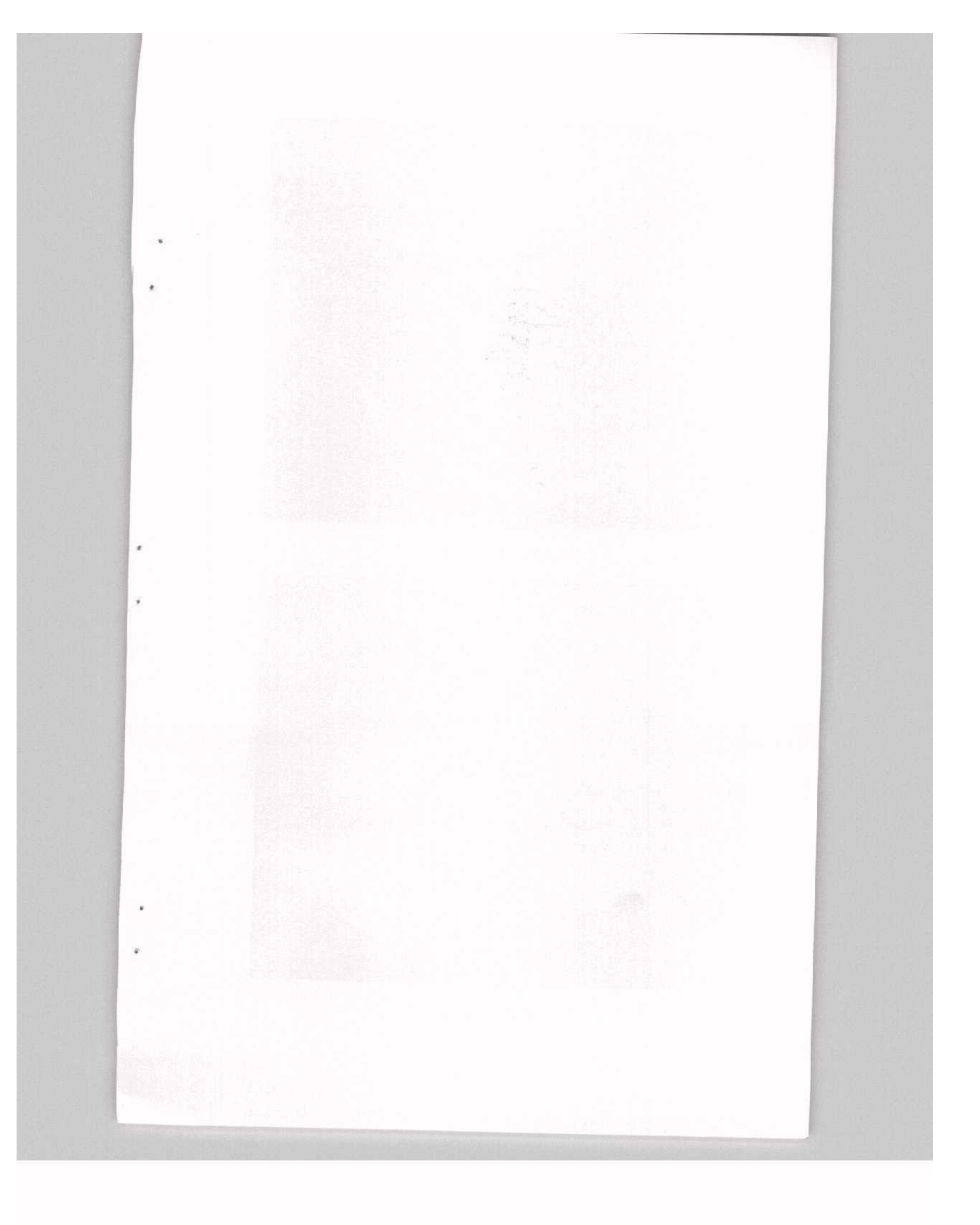




(ش ١٤٣) بحر عالى جداً

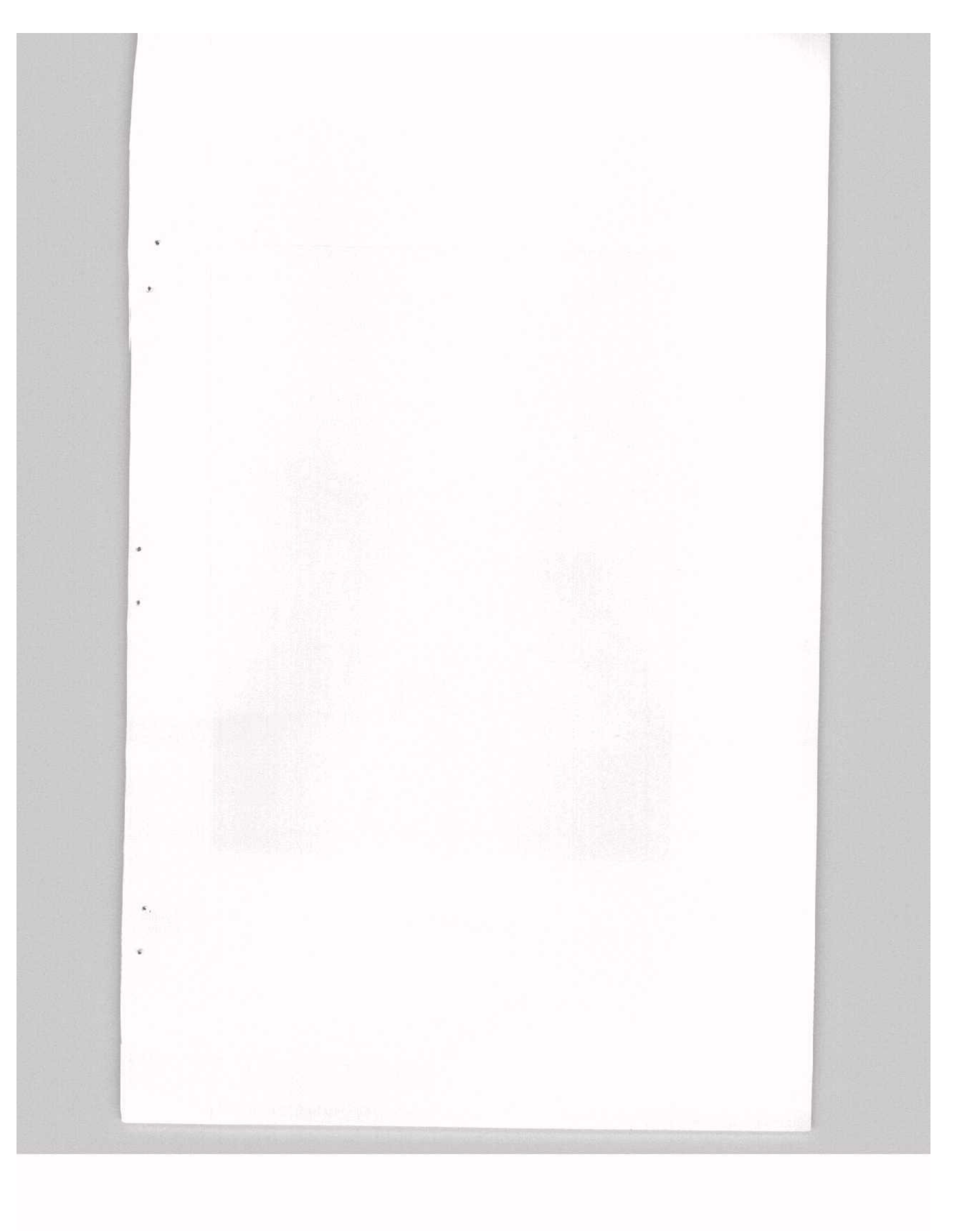


(ش ١٤٤) بحر هائج





(ش ١٤٥) بحر هائج

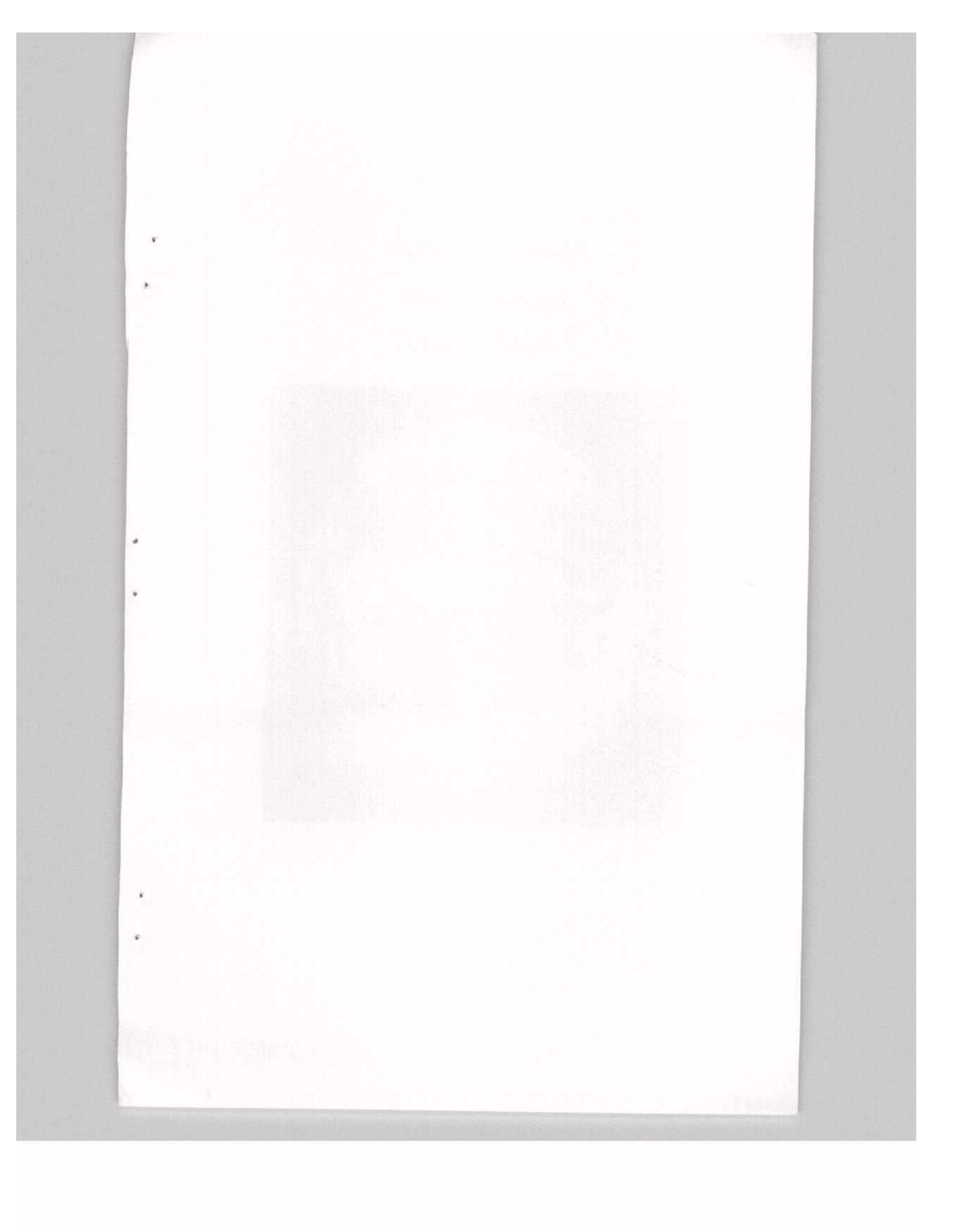


الباب الثامن عشر

التيارات البحرية

Ocean Currents





الباب الثامن عشر

التيارات البحرية

Ocean Currents

التيارات البحرية هي حركة تقدمية لمياه البحار والمحيطات وتتكون التيارات البحرية في البحار والمحيطات نتيجة وجود عوامل كثيرة تؤثر علي حركة المياه مثل الرياح وتغير درجة الحرارة والملوحة في الطبقات المختلفة للبحار والمحيطات والتغير في الضغط الجوي بالإضافة إلي المد والجزر والأمواج البحرية علاوة علي القوي الداخلية بين جزئيات مياه البحار والمحيطات.

أسباب تكون التيارات البحرية: التيارات البحرية تتكون في البحار والمحيطات نتيجة للأسباب التالية:

١. الرياح: توجد علاقة قوية بين سرعة الرياح واتجاهها والتيارات البحرية ويعتمد تأثير الرياح في تكوين التيارات البحرية علي شدة الرياح وعمق المياه ومن المعروف أن تأثير الرياح يكون كبيرا عند السطح ويقل كلما زاد العمق وبصفة عامة تتحرك التيارات البحرية بسرعة حوالي ٥و١ % من سرعة الرياح.

٢. المد والجزر:تسبب المركبة الأفقية للقوي المسببة للمد والجزر تيارا يعرف بتيار المد والجزر أو التيار المدى.

٣. **اختلاف الضغط الجوي:** المنطقة البحرية التي يوجد بها منخفض جوي يكون مستوي سطح البحر بها أعلا من المنطقة البحرية التي يوجد بها مرتفع جوي وينتج عن ذلك تيار بحري في اتجاه الانحدار إلي أسفل.

٤. **الاختلاف في الملوحة:** يحدث نتيجة لاختلاف الملوحة تيار سطحي يتحرك من مناطق الملوحة الأقل إلي مناطق الملوحة الأعلى.

٥. **الاختلاف في درجة حرارة مياه البحار والمحيطات:** يحدث نتيجة لاختلاف درجة حرارة مياه البحار والمحيطات تيار سطحي يتحرك من مناطق الحرارة الأعلى إلي مناطق الحرارة الأقل.

٦. **الأمواج البحرية:** تحدث الأمواج البحرية تيار سطحي موازي لخط الساحل.

٧. القوي الداخلية بين جزيئات المياه في البحار والمحيطات.

والأنواع المختلفة للتيارات البحرية بصفة عامة تشمل ما يأتي:

١. التيارات الناشئة من تأثير الأمواج.

٢. التيارات الناشئة من المد والجزر.

٣. التيارات الناشئة نتيجة تأثير الرياح علي الطبقة السطحية للبحار والمحيطات.

٤. التيارات الناشئة نتيجة الاختلاف في الضغط الجوي.

٥. التيارات الناشئة نتيجة الاختلاف في الملوحة ودرجة حرارة المياه في الطبقات المختلفة في البحار والمحيطات.

٦. تيارات الحمل.

٧. التيارات الناشئة عن سريان المياه من الأنهار إلي البحار ومن البحار إلي المحيطات.

ويمكن التمييز بين ثلاثة أنواع رئيسية من التيارات البحرية في البحار والمحيطات وهي:

١-التيارات المجروفة بفعل الرياح **Wind Drift Current**

٢- تيارات المد والجزر **Tidal Stream**

٣- تيارات المحيطات الرئيسية **Major Ocean Currents**: وهي تعتبر جزء من الدورة العامة للمياه في البحار والمحيطات وهذه التيارات تنشأ نتيجة التغير الأفقي والرأسي في الملوحة ودرجة الحرارة بين طبقات المياه المختلفة.

وتقسم التيارات البحرية إلي تيارات أفقية وتيارات رأسية والتيارات البحرية تقسم أيضا إلي تيارات دافئة وتيارات باردة (حسب خط العرض الذي تتحرك منه التيارات البحرية)

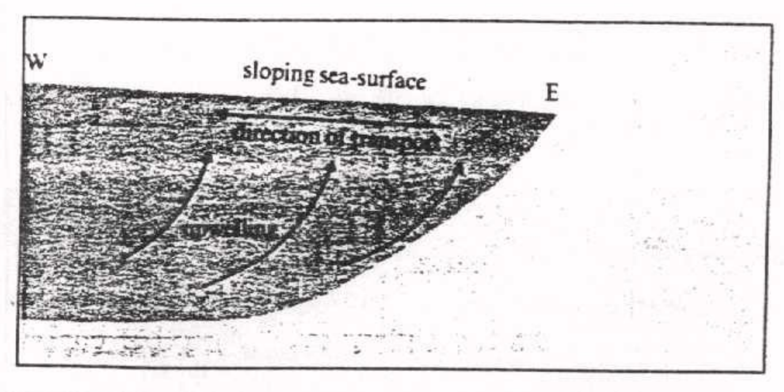
والتيارات الدافئة هي التيارات التي تنقل المياه الدافئة من خطوط العرض الأقل (المنـاطق المدارية) إلي خطوط العرض الأعلى. بينما التيارات الباردة هي التيارات التـي تنقـل الميـاه الباردة من المناطق القطبية الباردة إلي خطوط العرض الأقل.

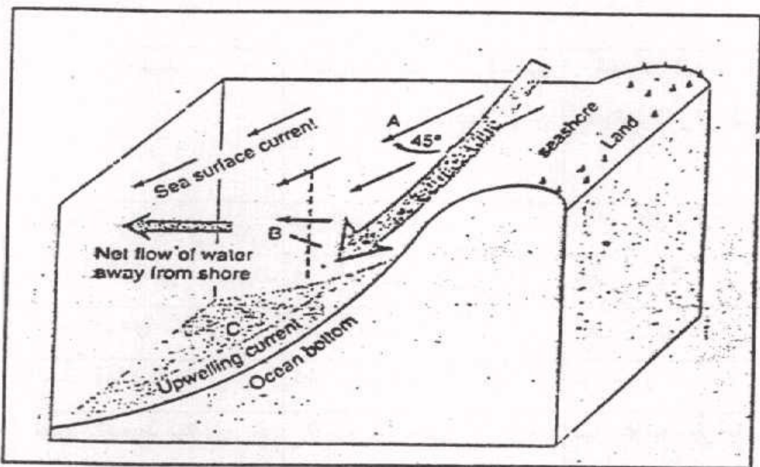
وبصفة عامة تتواجد التيارات الدافئة علي الجوانب الغربية للمحيطات بينمـا تتواجـد التيارات الباردة علي الجوانب الشرقية للمحيطات والجدول التالي يبين أهم هذه التيارات فـي كل من المحيط الأطلنطي – المحيط الهادي – المحيط الهندي

المحيط	التيارات الدافئة علي الجانب الغربي للمحيط	التيارات الباردة علي الجانب الشرقي للمحيط
المحيط الأطلنطي الشمالي	تيار الخليج	تياري كناري
المحيط الأطلنطي الجنوبي	تيار البرازيل	تيار بنجويلا
المحيط الهادي الشمالي	تيار كورشيو	تيار كاليفورنيا
المحيط الهادي الجنوبي	تيار ساحل شرق استراليا	تيار بيرو
جنوب المحيط الهندي	• تيار موزمبيق • تيار أجلهـــاس	تيار غرب استراليا

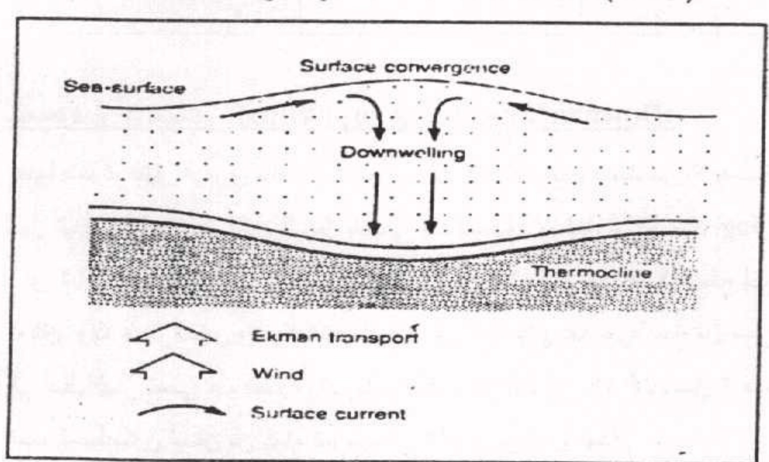
<u>الصعود أو الانسياق upwelling والهبوط Downwelling:</u>

عندما يتحرك التيار البحري مبتعدا عن ساحل معين ينتج عنه صعود مياه من الأعمـاق لتحـل محل المياه المتحركة بعيدا عن الساحل وتسمي هذه العملية بالانسياق أو الصعود **Upwelling** (ش ١٤٦) وبصفة عامة يكون الماء الصاعد أبرد من الماء الموجود عند السـطح فـي نفـس المكان. وإذا حدث العكس وتحرك التيار البحري في اتجاه ينتج عنه هبوط مياه من سطح البحـر إلي أسفل البحر تسمي هذه العملية بالهبوط **Downwelling** (ش ١٤٧) ومـن المعـروف أن الماء الهابط يكون أسخن من الماء الموجود في الأعماق في نفس المكان.





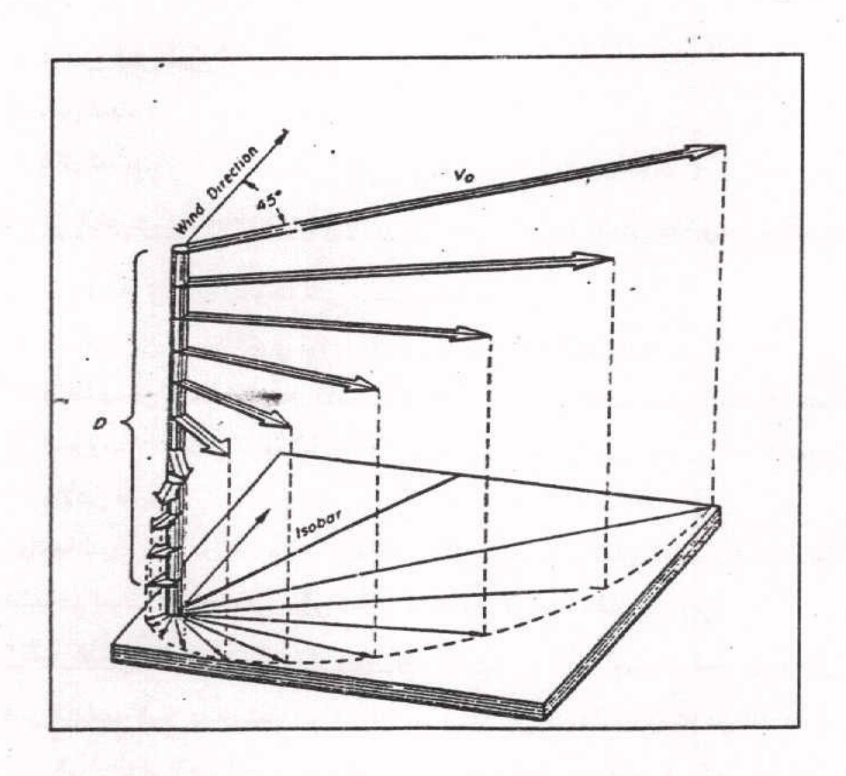
(ش ١٤٦) صعود المياه من أسفل البحر إلي سطح البحر **Upwelling**



(ش ١٤٧) هبوط المياه من سطح البحر إلي أسفل **Downwelling**

التيارات المجروفة بفعل الرياح Wind Drift Currents:

عندما تهب الرياح فوق سطح المياه في البحار والمحيطات فأن المياه ستتحرك وتنجرف تحت تأثير هذه الرياح وعندما تكون المساحة التي تؤثر عليها الرياح كبيرة ويكون زمن هبوب الرياح كبير مثل الرياح التجارية فأن التيار الناتج سيكون كبير ويصبح واحدا من التيارات الرئيسية في الدورة المحيطية للتيارات البحرية. ونتيجة لدوران الأرض فأن هذا التيار يصنع زاوية 45 ° علي يمين اتجاه الرياح في نصف الكرة الشمالي (ش ١٤٨) وعلي يسار اتجاه الرياح في نصف الكرة الجنوبي. ومن المعروف أن سرعة التيار المجروف بفعل الرياح وعمق المياه الواقع تحت تأثير الرياح يعتمدان علي سرعة الرياح وخط العرض, كما أن سرعة التيار تقل كلما زاد عمق المياه ويغير التيار اتجاهه وعندما يصل التيار إلي عمق D والذي يعرف بعمق الاحتكاك **Frictional depth** عنده يكون التيار قد دار ١٨٠ درجة عن الاتجاه الأصلي .



(ش ١٤٨) التيارات المجروفة بفعل الرياح في نصف الكرة الشمالي

التيارات الذاتية Inertia Currents: بمجرد توقف حركة الرياح تتحول التيارات المجروفة بفعل الرياح إلي تيارات ذاتية تتحرك تحت تأثيرها الذاتي, ونتيجة إلي تأثير القوة الطاردة المركزية فأن هذه التيارات تصبح في حالة اضمحلال وتستمر لفترة زمنية تعتمد علي خط العرض ويمكن حساب الفترة الزمنية بالساعات التي تستمر فيها هذه التيارات والتي تسمي بالتيارات الذاتية بالمعادلة التالية:

$$T = 12 / \sin Ø$$

حيث T هي فترة استمرار التيارات الذاتية بالساعات , Ø هي خط العرض.

تيارات المد والجزر Tidal Streams: من المعروف أن المركبة الرأسية لقوي الجذب بين الأرض والشمس والقمر تسبب المد والجزر بينما تسبب المركبة الأفقية لقوي الجذب بين الأرض والشمس والقمر تيارات بحرية تعرف بتيارات المد والجزر وتعتمد هذه التيارات علي ما يأتي:

- خواص المد والجزر.
- عمق المياه.
- شكل الساحل.

تيارات التدرج Gradient Currents: تتكون هذه التيارات في حالة وجود تدرج في سطح البحار والمحيطات وهذا التدرج يحدث نتيجة ما يأتي:

١. الاختلاف في الضغط الجوي مما يصبح مستوي سطح البحر ليس أفقيا تماما.
٢. الاختلاف في الكثافة الناتج عن الاختلاف في الحرارة أو الملوحة أو في كليهما ومن المعروف أن مستوي الماء الأدفأ والأقل ملوحة يكون أعلا قليلا من مستوي الماء الأبرد والأكبر ملوحة

ونتيجة لدوران الأرض فأن حركة المياه تنحرف إلي يمين خط الانحدار لأسفل أو اتجاه تزايد الكثافة في نصف الكرة الشمالي و إلي يسار خط الانحدار في نصف الكرة الجنوبي.

التأثير الناتج عن هبوب الرياح فوق خط الساحل: أن الرياح التي تهب فوق سطح البحر في اتجاه البحر يجعل الماء ينحرف بعيد عن الساحل في اتجاه البحر وينتج عن ذلك ميل البحر إلي أسفل في اتجاه الساحل. ويحدث العكس إذا هبت الرياح من البحر إلي الساحل فأن ميل مستوح سطح البحر يكون لأعلا في اتجاه الساحل . والتيار الناتج في هذه الحالة يحرف

ميل مستوح سطح البحر يكون لأعلا في اتجاه الساحل . والتيار الناتج في هذه الحالة ينحـــرف إلي يمين اتجاه الميل لأسفل في نصف الكرة الشمالي أو إلي يسار اتجاه الميل لأسفل في نصف الكرة الجنوبي

تيار بنجويلا في نصف الكرة الجنوبي: في منطقة بنجويلا في نصـــف الكـــرة الجنوبـــي تسبب الرياح التجارية الجنوبية الشرقية في دفع الماء بعيدا عن الساحل مما يجعل مستوي سطح البحر يميل لأسفل في اتجاه الساحل. وينحرف التيار إلي يسار الميل لأسفل وينساب التيار فـــي اتجاه الشمال. وفي نفس الوقت فأن الرياح التجارية الجنوبية الشرقية تولد تيارا مجروفـــا بفعـــل الرياح ينحرف ٤٥ درجة إلي يسار اتجاه هبوب الرياح أي يتجه التيار المجروف بفعل الريـــاح إلي جهة الغرب. ومحصلة تيار التدرج الشمالي والتيار المجروف الغربي يكـــون فـــي اتجـــاه الشمال الغربي ويعرف هذا التيار بتيار بنجويلا.

تأثير التيارات البحرية علي الكتل الهوائية: تتأثر الطبقة السفلية مـــن الكتـــل الهوائيـــة بالسطح الملامس لها ويمتد هذا التأثير تدريجيا لأعلا داخل الكتلة الهوائية. فـــإذا مـــرت كتلـــة هوائية فوق تيارات بحرية ساخنة فسوف تتسبب هذه التيارات في تسخين الطبقة الســـفلي مـــن الكتلة الهوائية ويمتد التأثير تدريجيا لأعلا داخل الكتلة الهوائية مما يكون سببا في حدوث حالـــة عدم استقرار في الغلاف الجوي ويحدث العكس إذا مرت كتلة هوائية فوق تيارات بحرية بـــاردة فسوف تتسبب هذه التيارات في تبريد الطبقة السفلي من الكتلة الهوائية ويمتد التـــأثير تدريجيـــا لأعلا داخل الكتلة الهوائية مما يكون سببا في حدوث حالة استقرار في الغلاف الجوي وبصفـــة عامة فان التيارات البحرية لها تأثير مباشر ومهم علي الأحوال الجوية في العالم وبالتـــالي فـــان التيارات البحرية لها تأثير علي المناخ.

التيارات البحرية في المحيط الأطلنطي الشمالي: يمكن تلخيص الدورة العامة للتيـــارات البحـــرية في المحيط الأطلنطي الشمالي (ش ١٤٩) كما يأتي:

١. تساهم الرياح التجارية الشمالية الشـــرقية فـــي تكويـــن التيـــار الاســـتوائي الشـــمالي **N. Equatorial Current** ويتحرك جهة الغرب. والتيار الاســـتوائي الشـــمالي عند اقترابه من خط طول ٦٠° غربا يتجه نحو البحر الكاريبي ويدخل خليج المكســـيك ويدور مع عقارب الساعة ويخرج ثانية من مضيق فلوريدا مكونا ما يعرف باسم تيـــار الخليج **Gulf Stream**.

٢. ينساب علي طول السواحل الشرقية لجرينلاند تيار يعرف باسم تيار شرق جرينلاند East Greenland Current ويلتقي هذا التيار عند رأس جزيرة لبرادور بتيار لبرادور Labrador Current وينساب التياران جنوبا.

٣. حول جزيرة نيوفوندلاند يلتقي تيار شرق جرينلاند وتيار لبرادور بتيار الخليج ثم تنحرف هذه التيارات جميعا نحو الشرق مكونة تيارا يعرف باسم تيار المحيط الأطلنطي الشمالي North Atlantic Current وهو تيار عريض جدا ويتراوح عرضه من ٢٥٠ ميل إلي ٣٥٠ ميل.

٤. عندما يقترب تيار المحيط الأطلنطي الشمالي من المملكة المتحدة ينقسم هذا التيار إلي العديد من التيارات تدخل بحر الشمال وبحر البلطيق مكونة تيار النرويج Norwegian Current وتيار السويد Sewed Current وهي تيارات دافئة. وينساب جنوبا من تيار المحيط الأطلنطي الشمالي تيارات باردة الجزء الشمالي منها يسمي تيار البرتغال Portugal Current والجزء الجنوبي منها يسمي تيار كناري Canary Current ويستمر هذا التيار علي السواحل الغربية لفرنسا ويصل جنوبا حتى جزر كناري وعندها يلتقي بالتيار الاستوائي الشمالي.

التيارات البحرية في المحيط الأطلنطي الجنوبي: يمكن تلخيص الدورة العامة للتيارات البحرية في المحيط الأطلنطي الجنوبي (ش ١٥٠) كما يأتي:

١. في المنطقة الاستوائية الجنوبية تساهم الرياح التجارية الجنوبية الشرقية في تكوين التيار الاستوائي الجنوبي S. Equatorial Current ويتحرك من الشرق إلي الغرب وينقسم إلي قسمين القسم الأول يتحرك في اتجاه الشمال الغربي ويدخل البحر الكاريبي. بينما يتجه القسم الثاني نحو الجنوب ويسير بمحاذاة الساحل الشرقي للبرازيل ويعرف باسم تيار البرازيل Brazil Current.

٢. تيار فوكلاند البارد Falkland Current القادم من الجنوب إلي الشمال علي طول الساحل الشرقي لأمريكا الجنوبية يتقابل عند خط عرض ٣٠° جنوبا مع تيار البرازيل القادم من الشمال ويتحد التياران ويتحركا شرقا حتى يصل هذا التيار إلي الساحل الغربي لأفريقيا ويعرف هذا التيار في هذه المنطقة باسم تيار بنجويلا Benguela Current.

٣. يتحرك تيار بنجويلا البارد **Benguela Current** علــي طــول الســاحل الغربــي لأفريقيا وعندما يصل إلي شمال خط عرض ٢٠° جنوبا يبتعد التيار عن خط الســاحل ويتحرك غربا ليتحد مع التيار الاستوائي الجنوبي.

٤. وينتج عن انسياب التيارات الاستوائية العظمي نحو الغرب ارتداد المياه ثانيــــة مــن الغرب إلي الشرق مكونة تيارات مائية عكسية تعرف باسم التيار الاستوائي العكســي (الرجعي) **Equatorial Counter Current** وتقع غالبا إلي الشمال من المنطقة الاستوائية.

٥. الامتداد الشرقي للتيار الاستوائي العكسي عندما يدخل خليج غنيا يعرف بتيــار غنيــا **Guinea Current** وقد تصل سرعته ٢ – ٣ عقدة.

التيارات البحرية في المحيط الهادي الشمالي: يمكن تلخيص الدورة العامة للتيارات البحــرية في المحيط الهادي الشمالي (ش ١٥١) كما يأتي:

١. نتيجة لهبوب الرياح التجارية الشمالية الشرقية يتكــون **التيــار الاســتوائي الشــمالي N. Equatorial Current** بين خطي عرض ٥° – ٢٥° شمالا ويتجــه مــن الشرق إلي الغرب وسرعته تصل لحوالي ٢ عقدة.

٢. وتحت تأثير الرياح التجارية الشمالية الشرقية يتفرع التيار الاستوائي الشمالي إلي عــدة أفرع أهمها الفرع الذي يتجه شمالا بمحاذاة سواحل الفلبيين والساحل الشرقي للصيــن إلي أن يصل إلي الجزر اليابانية ويعرف باسم تيار كورشــيو الدافــئ **Kuroshio Current** وتصل سرعته لحوالي ٢ – ٤ عقدة وهو يشابه تيار الخليج الدافــئ فــي المحيط الأطلنطي الشمالي ويتجه فرع آخر جنوبا ليكون جزءا من التيــار الاســتوائي العكسي.

٣. عند خط عرض ٣٥° شمالا ينحرف تيار كورشيو شرقا تحت تأثير الريــاح الغربيــة ونتيجة لدوران الأرض حول نفسها بينما تنساب منه أفرع ثانوية نحو الشمال وتلتقــي عند خط عرض ٤٠° شمالا بتيار بارد هو تيــار أوياشــيو **Oyashio Current** (الامتداد الجنوبي لتيار كامشاتكا**Kamachatka Current**). وتتحد هذه التيــارات

وتنساب نحو الشرق علي شكل تيار بحـــري متسـع يعـرف باسـم تيـار الـهادي الشمالي North Pacific Current.

٤. عند خط عرض ٤٠° شمالا ينقسم تيـار الـهادي الشـمالي North Pacific Current إلي فرعين يتجه أحدهما شمالا بمحاذاة السواحل الكندية والسكا ويعـرف باسم تيار السكا الدافئ Alaska Current وينساب الفرع الثـاني نحـو الجنـوب بمحاذاة الساحل الغربي للولايات الأمريكية وأمريكا الوسـطي ويعـرف باسـم تيـار كاليفورنيا البارد California Current ويتحرك جنوبا ويتصل بالتيار الاسـتوائي الشمالي.

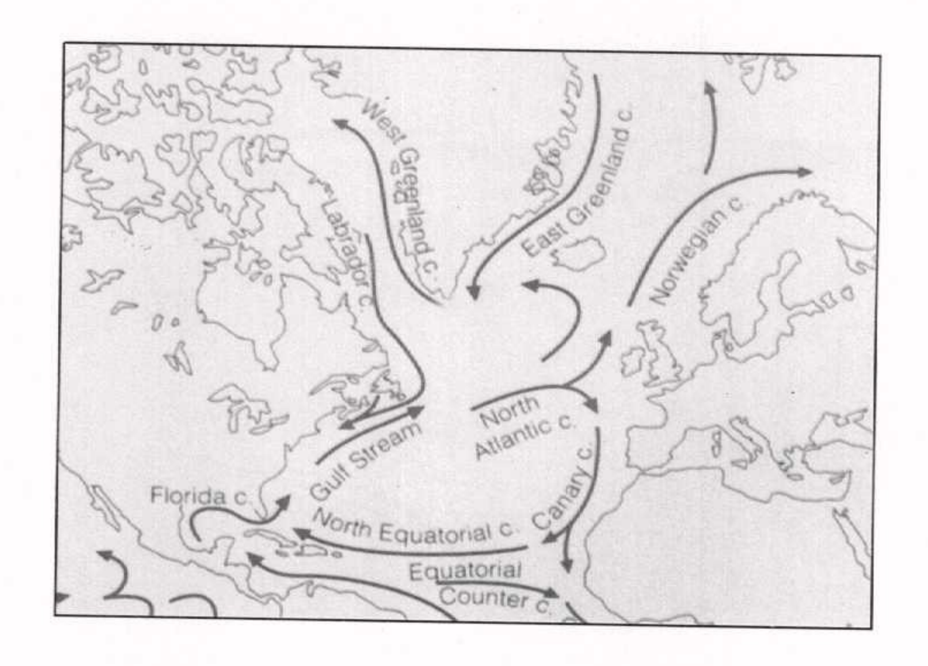
التيارات البحرية في المحيط الهادي الجنوبي: يمكن تلخيص الدورة العامة للتيـارات البحـرية في المحيط الهادي الجنوبي (ش ١٥٢) كما يأتي:

١. نتيجة لهبوب الرياح التجاريـة الجنوبيـة الشـرقية يتكـون التيـار الاسـتوائي الجنوبي S. Equatorial Current بين خطي عرض ٥° - ١٥° جنوبا ويتجه من الشرق إلـي الغرب وسرعته تصل لحوالي ٣ عقدة.

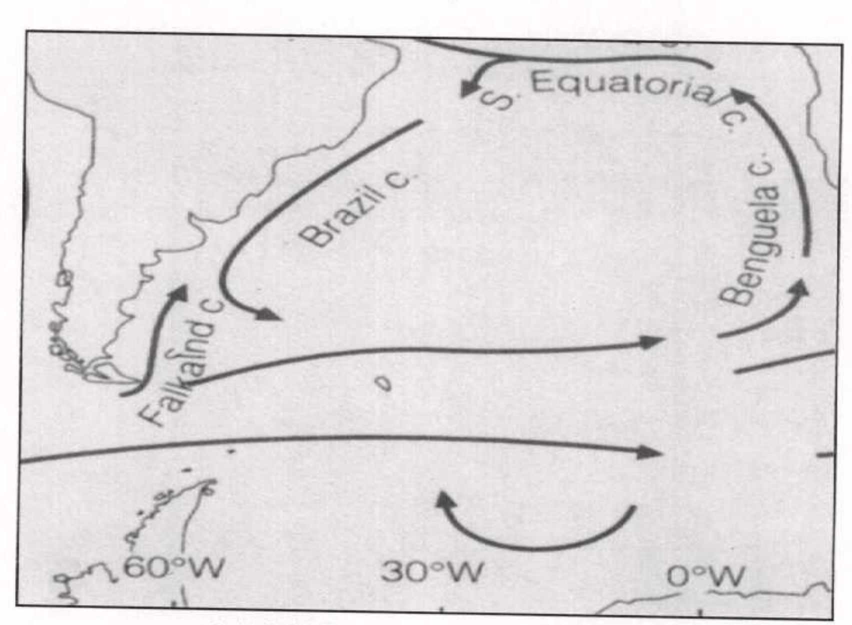
٢. ينقسم التيار الاستوائي الجنوبي إلي عدة أفرع يتحرك بعضها شمالا لتتصل بالتيار الاستوائي الشمالي بينما يتحرك البعض الأخر جنوبا ويتحرك موازيا للساحل الشرقي لاستراليا مكونا تيارا يعرف باسم تيار شرق استراليا الدافئ East Australia Current.

٣. عند خط عرض ٤٠ ° جنوبا يتقابل تيار شرق اسـتراليا الدافـئ مـع التيـارات البـاردة المجروفة بفعل الرياح Wind Drift Current والتي تحركها الرياح الغربية شـرقا حتـى تصل للسواحل الجنوبية الغربية لدولة شيلي ثم يتجه التيار شمالا موازيا سواحل دولـة شـيلي ودولة بيرو ويسمي هذا التيار باسم تيار بيرو Peru Current وهو تيار بارد

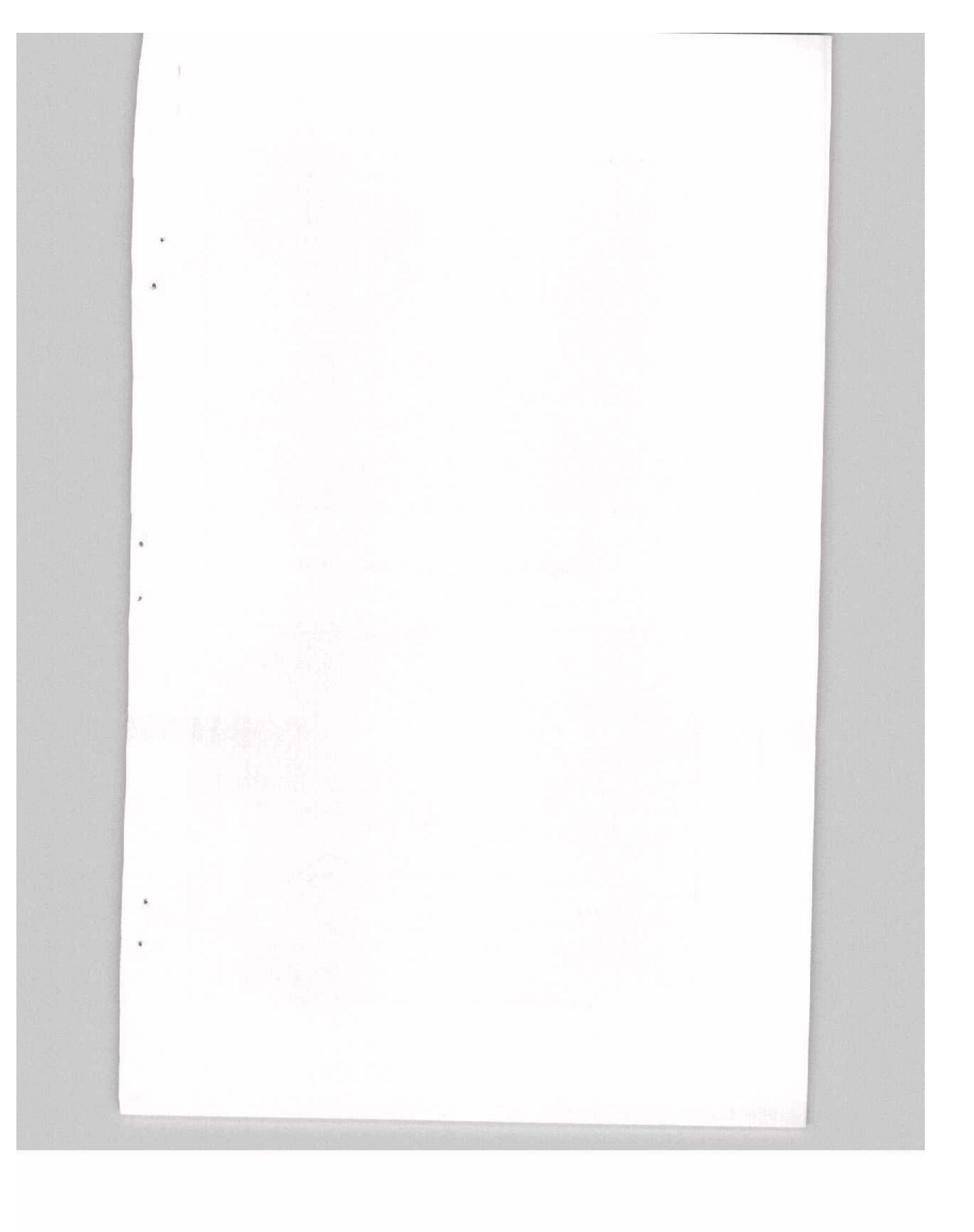
٤. في فصل الصيف يتحرك تيار بيرو Peru Current شمال خط الاستواء ويتحد مع التيار الاستوائي الرجعي Equatorial Counter Current أما في فصل الشتاء فلا يصـل تيـار بيرو Peru Current شمالا إلي خط الاستواء ويتحرك موازيا لسواحل الإكـوادور ويطلـق علي أحيانا تيار النينو El Nino.

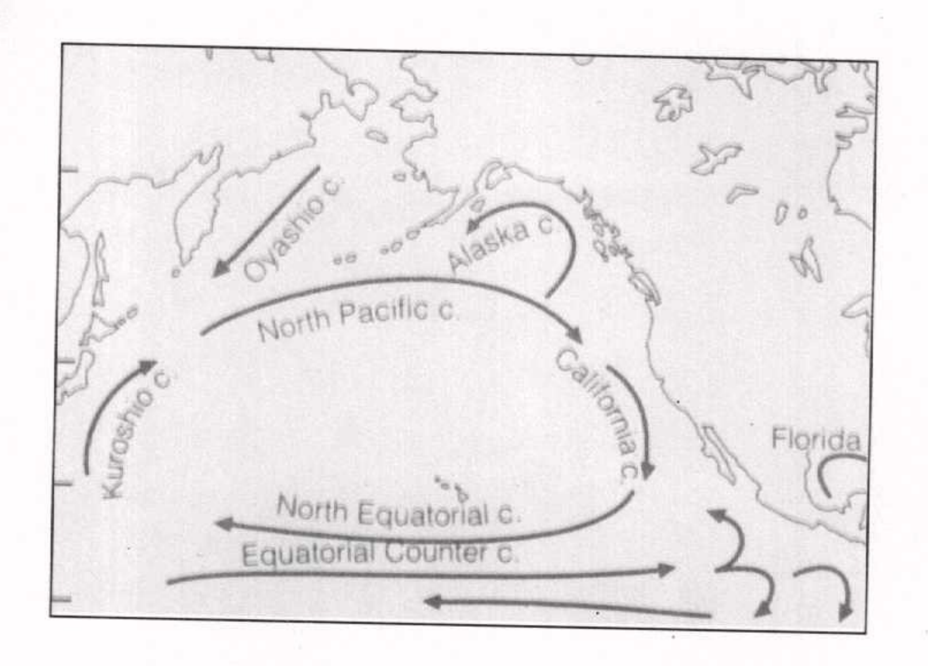


(ش ١٤٩) التيارات البحرية في المحيط الاطلنطي الشمالي

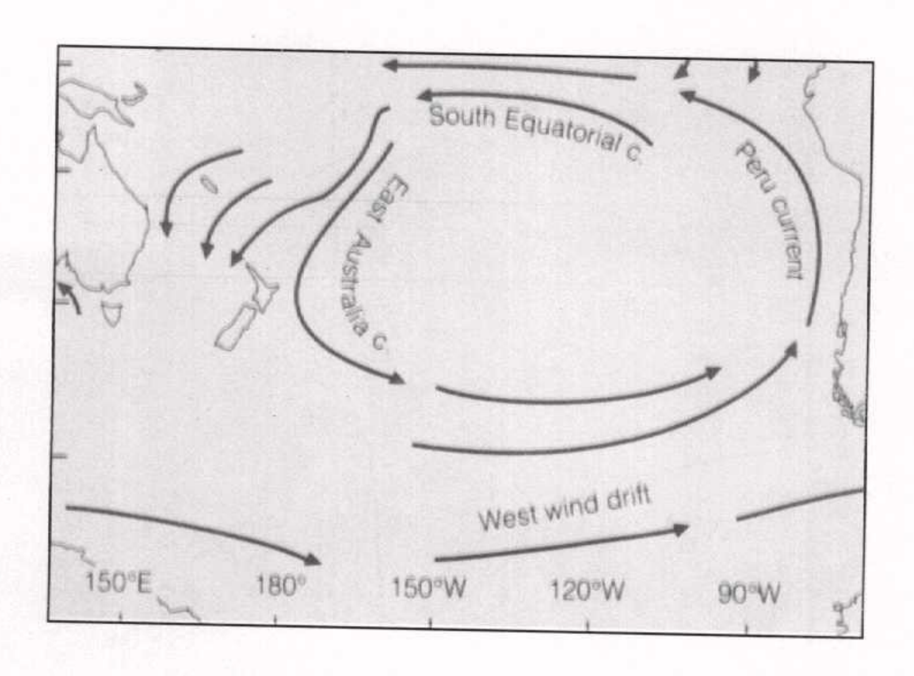


(ش ١٥٠) التيارات البحرية في المحيط الاطلنطي الجنوبي

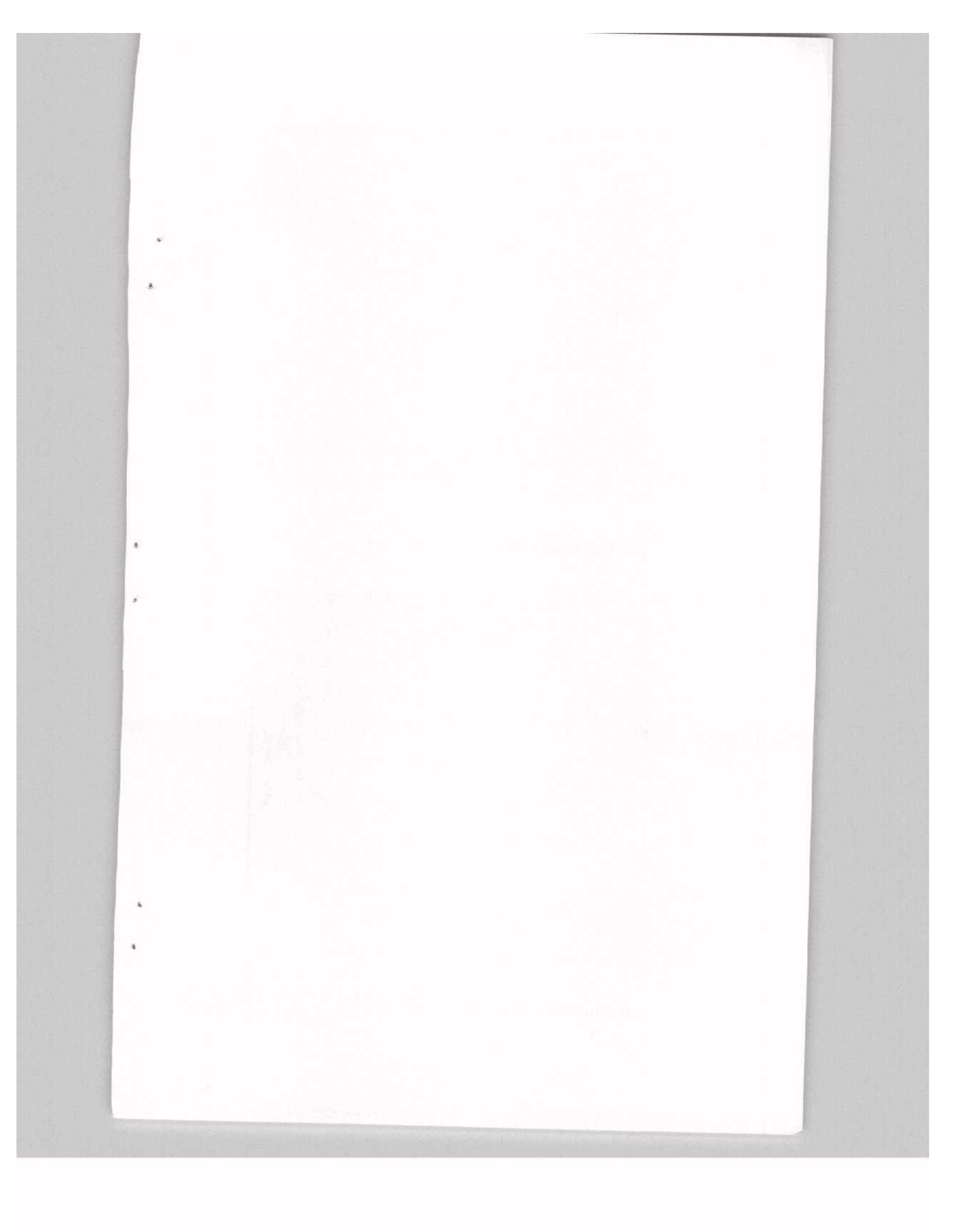




(ش ١٥١) التيارات البحرية في المحيط الهادي الشمالي



(ش ١٥٢) التيارات البحرية في المحيط الهادي الجنوبي



التيارات البحرية في المحيط الهندي الشمالي:

تتأثر التيارات البحرية في المحيط الهندي الشمالي بالرياح الموسمية ففي فصل الصيف تكون تحت تأثير الرياح الموسمية الجنوبية الغربية بينما في فصل الشتاء تكون تحت تأثير الرياح الموسمية الشمالية الشرقية وخلال فصل الشتاء يتكون التيار الاستوائي الشمالي N. Equatorial Current وتتحرك التيارات البحرية خلال فصل الشتاء في اتجاه عقارب الساعة من الشرق إلي الغرب (ش ١٥٣) بينما خلال فصل الصيف تتحرك التيارات البحرية في المحيط الهندي الشمالي من الغرب إلي الشرق وخاصة في خليج البنغال والبحر العربي تحت تأثير الرياح الموسمية الصيفية.

التيارات البحرية في المحيط الهندي الجنوبي:

يمكن تلخيص الدورة العامة للتيارات البحرية في المحيط الهندي الجنوبي (ش ١٥٣) كما يأتي:

١. نتيجة لهبوب الرياح التجارية الجنوبية الشرقية يتكون التيار الاستوائي الجنوبي S. Equatorial Current بين خطي عرض ٥° - ١٥° جنوبا ويتجه من الشرق إلي الغرب وتصل سرعة هذا التيار بالقرب من جزيرة مدغشقر لحوالي ٣ عقدة.

٢. عندما يصل التيار الاستوائي الجنوبي S. Equatorial Current إلي شمال جزيرة مدغشقر يقسم هذا التيار إلي فرعين يسير أحدهما إلي الشمال موازيا سواحل الصومال بينما يتحرك الفرع الآخر للجنوب بطول السحل الشرقي لأفريقيا ويعرف هذا التيار أولا باسم تيار موزمبيق Mozambique Current وتكون سرعته حوالي ٤ عقدة وباستمرار حركته للجنوب يطلق علي هذا التيار جنوب خط عرض ٣٠° جنوبا اسم تيار أجلهاس Aguilhas Current

٣. عندما يصل تيار أجلهاس Aguilhas Current إلي خط عرض ٤٠° جنوبا يدخل هذا التيار في منطقة الرياح الغربية السائدة في هذه المنطقة ويتحرك التيار نحو الشرق ويستمر في الحركة شرقا حتى يصل السواحل الغربية لاستراليا ويتحرك بمحاذاة السواحل الغربية لاستراليا إلي الشمال ويعرف باسم تيار غرب استراليا البارد West Australia

Current ويستمر تيار غرب استراليا في الحركة شمالا حتى يتحد مع التيار الاستوائي الجنوبي عند خط عرض ٢٠° جنوبا.

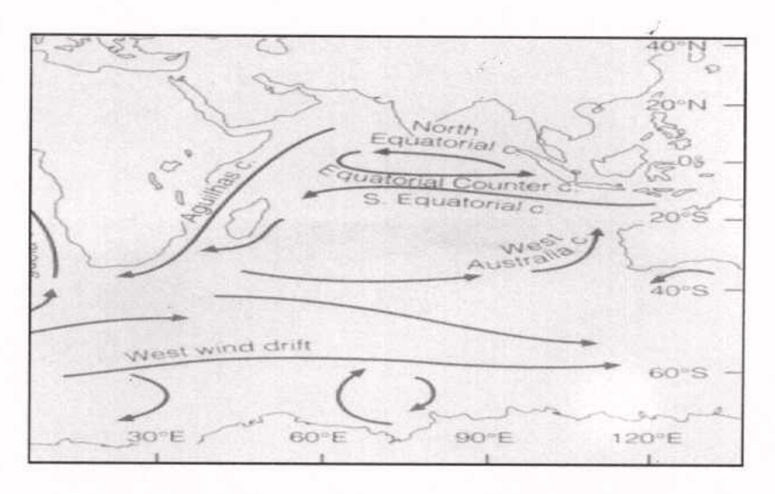
٤. أثناء الرياح الموسمية الشمالية الشرقية يتحرك التيار الاستوائي الرجعي **Equatorial Counter Current** في اتجاه الشرق جنوب خط الاستواء مباشرة بينما خلال الرياح الموسمية الجنوبية الغربية يتحرك التيار الاستوائي الرجعي **Equatorial Counter Current** شمال خط عرض ٥° جنوبا ثم يتحد مع التيارات المجروفة بفعل الرياح الموسمية في خليج البنغال وبحر العرب وتصل سرعته إلي ٣ – ٤ عقدة جنوب شرق سيلان.

وشكل ١٥٤ يوضح الدورة العامة للتيارات البحرية في المحيط الأطلنطي الشمالي والجنوبي والمحيط الهادي الشمالي والجنوبي والمحيط الهندي بصفة عامة بينما توضح الجداول ١, ٢, ٣, ٤, ٥ ملخص للتيارات البحرية في المحيط الأطلنطي الشمالي والجنوبي والمحيط الهادي الشمالي والجنوبي والمحيط الهندي علي الترتيب.

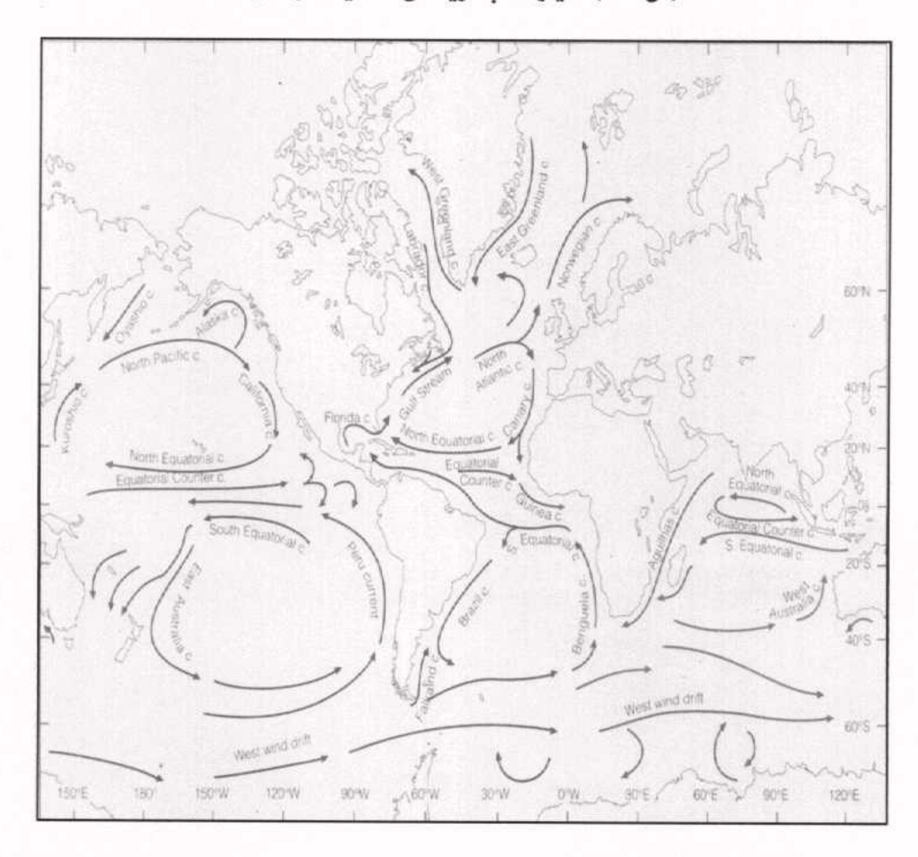
جدول ١

ملخص للتيارات البحرية في المحيط الأطلنطي الشمالي

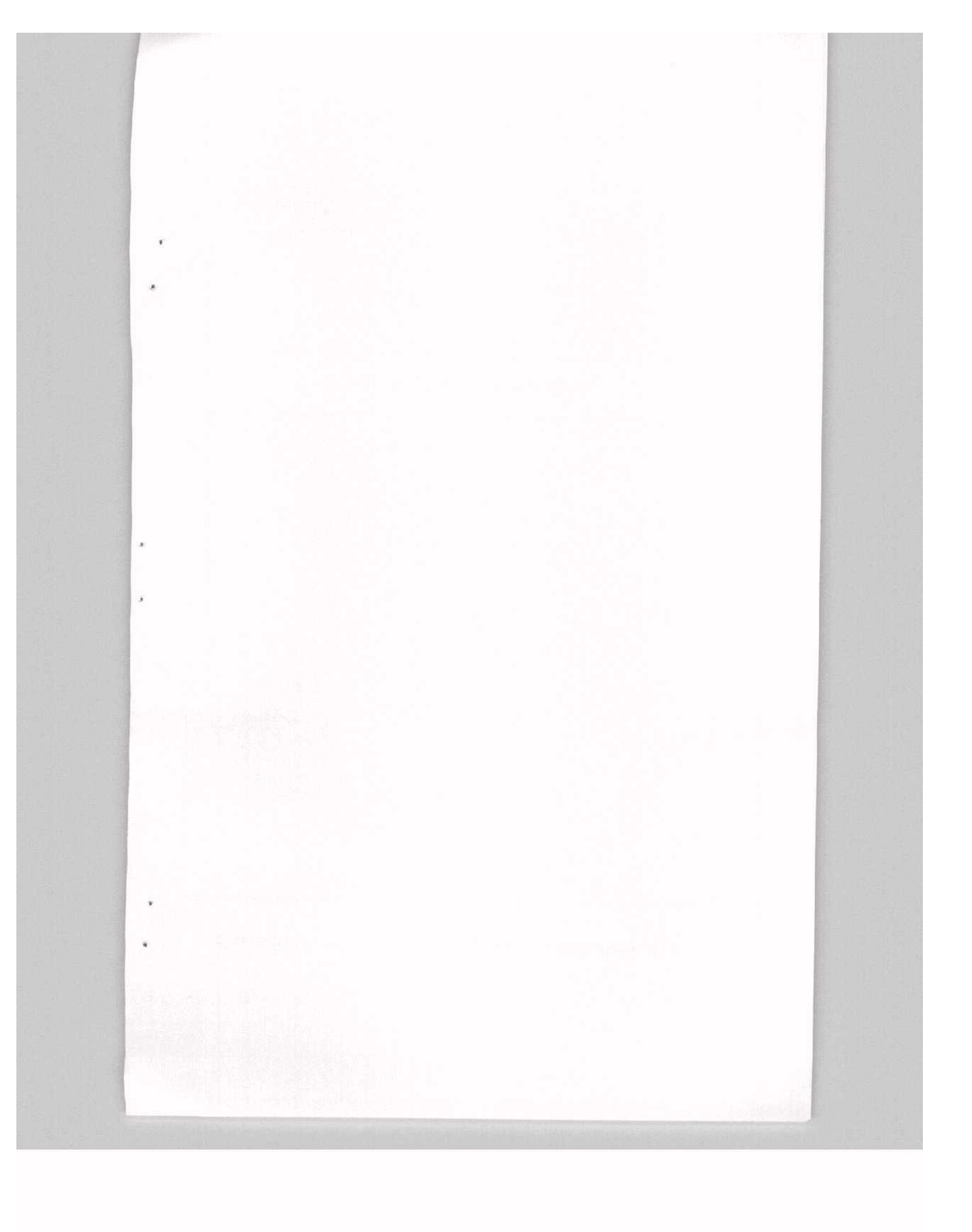
اسم التيار	متوسط الإزاحة خلال ٢٤ ساعة بالميل	ملاحظات
الاستوائي الشمالي	١٠ – ٤٠	
تيار الخليج	١٠ – ٧٠	تيار دافئ
تيار لبرادور	٥ – ٢٠	تيار بارد
تيار شرق جرينلاند	٦ – ١٢	تيار بارد
تيارغرب جرينلاند	٦ – ١٢	
تيار الأطلنطي الشمالي	١٠ – ٢٥	
تيار البرتغال	١٠ – ٣٥	تيار بارد
تيار كناري	١٠ –٣٥	تيار بارد
تيار النرويج	١٠	تيار دافئ
التيار الاستوائي العكسي	١٠ – ٣٠	



(ش ١٥٣) التيارات البحرية فى المحيط الهندى



(ش ١٥٤) التيارات البحرية فى المحيط الأطلنطى والمحيط الهادى والمحيط الهندى



جدول ٢

ملخص للتيارات البحرية في المحيط الأطلنطي الجنوبي

اسم التيار	متوسط الإزاحة خلال ٢٤ ساعة بالميل	ملاحظات
الاستوائي الجنوبي	١٠ – ٤٥	
تيار البرازيل	١٠ – ٣٥	تيار دافئ
تيار فكولاند	١٠ – ٤٠	تيار بارد
تيار الأطلنطي الجنوبي	٠٠ – ٣٠	
تيار بنجويلا	١٠ – ٥٠	تيار بارد
تيار غنيا	١٠ – ٦٠	

جدول ٣

ملخص للتيارات البحرية في المحيط الهادي الشمالي

اسم التيار	متوسط الإزاحة خلال ٢٤ ساعة بالميل	ملاحظات
الاستوائي الشمالي	٠٠ – ٤٠	
تيار كيروشو	١٠ – ٥٠	تيار دافئ
تيار اوياشو	١٥ – ٣٠	تيار بارد
تيار الهادي الشمالي	١٠ – ٢٠	
تيار كامشاتكا	٥ – ١٠	تيار بارد
تيار السكا	٦	تيار بارد
تيار كاليفورنيا	١٠ – ٣٠	تيار بارد
التيار الاستوائي العكسي	٠٠ – ٤٠	

جدول ٤

ملخص للتيارات البحرية في المحيط الهادي الجنوبي

اسم التيار	متوسط الإزاحة خلال ٢٤ ساعة بالميل	ملاحظات
الاستوائي الجنوبي	٠٠ – ٤٠	
تيار شرق استراليا	٠٠ – ٢٥	تيار دافئ
تيار بيرو	٠٠ – ٣٠	تيار بارد

جدول ٥

ملخص للتيارات البحرية في المحيط الهندي

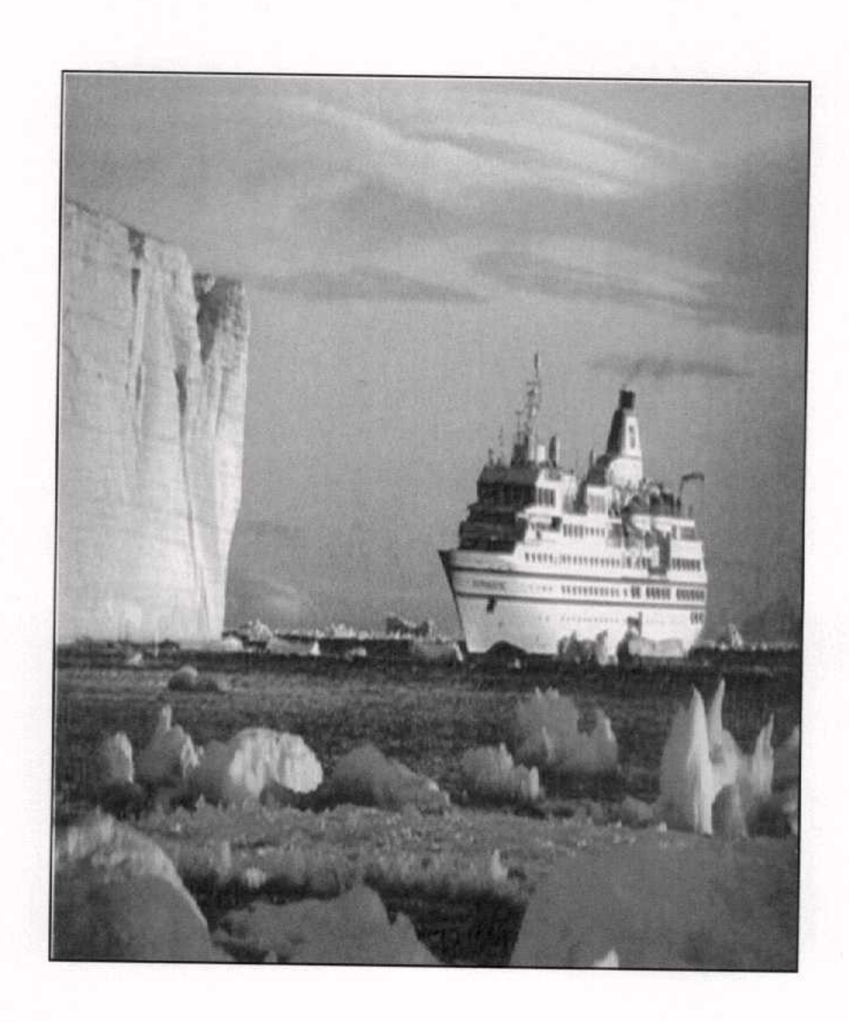
اسم التيار	متوسط الإزاحة خلال ٢٤ ساعة بالميل	ملاحظات
الاستوائي الجنوبي	١٥	
تيار موزمبيق	٠٠ – ٣٠	تيار دافئ
تيار اجلهاس	١٠ – ٤٠	تيار دافئ
تيار غرب استراليا	١٥	تيار بارد
التيار الاستوائي العكسي	٢٥	

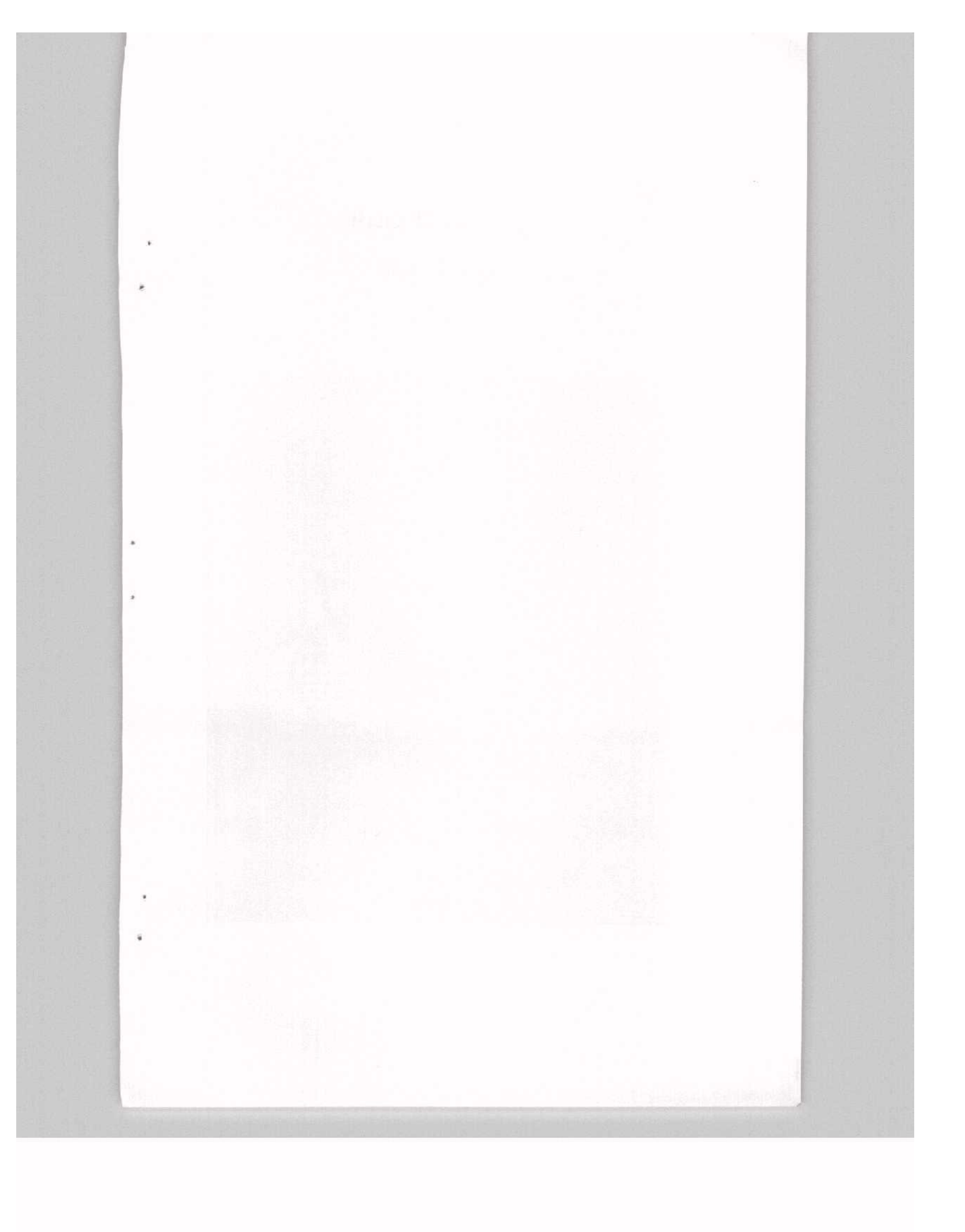
<u>استخدام المعلومات الخاصة بالتيارات البحرية:</u> أن المعلومات الخاصة بالتيارات البحرية هامة جدا بالنسبة لضباط وربابنة السفن سواء بالنسبة لامان السفينة أو بالنسبة لمساعدة الربان في اختيار الطرقة الملاحية الاقتصادية للسفينة وبصفة عامة فأن ربان السفينة عند أعداد مخطط الإبحار لسفينته يمكنه الحصول علي المعلومات الخاصة بالتيارات البحرية من أطلس التيارات البحرية والتي توضح التيارات البحرية في بحار ومحيطات العالم المختلفة خلال كل شهر من اشهر السنة.

الباب التاسع عشر

الثلج البحرى

Sea Ice





الباب التاسع عشر

الثلج البحري

Sea Ice

يبدأ الثلج البحري في الظهور بالمناطق القطبية عندما تصل درجة حرارة المياه السطحية إلي –٢° س وتوجد أنواع كثيرة من الثلج البحري العائم **Floating Ice** ويسمي ثلج البحر **Sea Ice** وهناك نوع آخر من الثلج مصدره الأرض يوجد علي شكل جبال ثلجية **Ice Bergs** وتسبب الجبال الثلجية وثلج البحر خطرا كبيرا علي الملاحة البحرية بالإضافة إلي تأثيرهما علي الأحوال الجوية والمناخ.

تكون ونمو ثلج البحر:

أن أول الدلائل لتكون الثلج البحري هو ظهور قطع من الثلج علي شكل بقع أو ألواح علي مساحات صغيرة من الماء لا تتجاوز مساحتها عدة سنتيمترات وتشبه هذه البقع شكل بقع زيت البترول. وفي حالة سقوط الجليد فوق سطح البحر يتسبب في تكون ما يسمي **فتات الجليد Slush** وهي طبقة ذات مكونات رغوية أو دهنية وتتجمع هذه الطبقات بواسطة الرياح والأمواج لتكون نوع جديد من الثلج يسمي **بالثلج الجديد New Ice**. وبانخفاض درجة الحرارة يتكون نوع أخر من الثلج البحري يعرف **بالقشور الثلجية Ice Rind**. وعندما تكون درجة ملوحة المياه عالية والرياح خفيفة يكون الثلج الناتج مرن وينقسم تبعا لسمكه إلي قسمين هما

- ثلج قاتم **Dark Ice** .
- ثلج رقيق **Light Ice** يكون أقصى سمك له ١٠ سم.

وتتكسر القشور الثلجية تحت تأثير الرياح والأمواج وتتحول إلي أقراص ثلج Pancake Ice وتكون هذه الأقراص تقريبا دائرية وحوافها مرتفعة والذي يتجمد بعد ذلك ويتماسك ويصير له سمك كبير وينقسم إلي نوعين هما:

- ثلج رمادي.
- ثلج ابيض رمادي.

وهذه الأشكال الناتجة عن التجمع تسمي بالثلج الحديث Young Ice وفي حالة الطقس الرديء المضطرب يتحول هذا الثلج الحديث إلي أقراص ثلجية Ice Cakes واطواف ثلجية Floes بأحجام مختلفة.

والمرحلة الثانية من تكوين الثلج تسمي بالسنة الأولي للثلج First Year Ice وتنقسم إلي:

- ثلج السنة الأولي الرقيق Thin First Year Ice ويكون سمكه من ٣٠ سم إلي ٧٠ سم.
- ثلج السنة الأولي المتوسط Medium First Year Ice ويكون سمكه من ٧٠ سم إلي ١٢٠ سم.
- ثلج السنة الأولي السميك Thick First Year Ice يكون سمكه تقريبا ٢ متر في نهاية فصل الشتاء.

وعندما يقاوم ثلج السنة الأولي نوبان فصل الصيف يصنف هذا الثلج علي أساس ثلج قديم Old Ice وسمك الثلج القديم يتراوح بين ١٢٠ سم و ٣ متر أو أكثر وهذا التصنيف يمكن أن يصنف مرة أخري إلي ثلج السنة الثانية Second Year Ice أو ثلج العديد من السنوات Multi-Years Ice اعتمادا علي قدرة الاطواف الثلجية علي مقاومة صيف أو أكثر من صيف. ومن المعروف أن الثلج القديم يتميز باللون المائل للزرقة بينما لون ثلج السنة الأولي يميل إلي اللون الأخضر.

ويغطي الثلج البحري أثناء فصل الشتاء بالجليد الذي يعزل الثلج الذي تحته ويقلل درجة نموه وسمك الغطاء الجليدي يتغير من منطقة إلي أخري نتيجة لاختلاف الأحوال المناخية ويسمي هذا الغطاء بالغطاء الجليدي Snow Cover

ويتغير شكل ثلج البحر عندما يتعرض سطحه للضغط الجوي وفي حالة الثلج الجديد والثلج الحديث فأن الثلج الناتج يكون علي شكل اطواف ثلجية Floes. بينما في حالة الثلج

الأكثر سمكا فان هذا الضغط يؤدي إلي تكون الربـــوة الثلجيـــة **Ridges** أو التبـــة الثلجيـــة **Hummocks**. وعرض الربوة الثلجية يكون من ٣ إلي ٥ مرات بالنسبة لارتفاع الربوة علمـــا بأن هذه التغيرات في شكل الثلج البحري مهمة جدا بالنسبة للملاحة البحرية ومـــن المعـــرف أن الربوة الثلجية الحديثة التكوين تكون أقل صعوبة بالنسبة للملاحة البحرية مـــن الربـــوة الثلجيـــة القديمة.

ومع استمرار وجود الجليد فوق الثلج فان معظم أشعة الشمس الساقطة عليه تنعكس مـــرة أخري إلي الغلاف الجوي ويبدأ الجليد في الذوبان وكلما زادت درجة حرارة الهواء عن الصفـــر المئوي في بداية فصل الصيف تتكون تجمعات من المياه العذبة علي سطح الجليد تتســـبب فـــي سرعة ذوبان الجليد والثلج المحيط به نتيجة لامتصاصهما معظم أشعة الشمس الساقطة.

حركة ثلج البحر: ينقسم ثلج البحر تبعا لقدرته علي التحرك إلي قسمين رئيسين:

- الثلج البحري **Pack Ice** وهو الثلج الذي يكون في حركة مستمرة تحت تأثير الرياح والتيارات.
- الثلج المتبقي **Fast Ice** وهو الثلج الذي يكون ملاصقا للشواطئ والجـــزر وهـــو لا يتحرك.

وتعتمد حركة الثلج علي:

- اتجاه وسرعة الرياح.
- اتجاه وسرعة التيارات البحرية
- درجة تركيز الثلج.
- شكل الثلج.

ويتحرك الثلج البحري باتجاه ٣٠ درجة من اتجاه الرياح إلي اليمين في نصـــف الكـــرة الشمالي وإلي اليسار في نصف الكرة الجنوبي (حيث أن الرياح تتقهقر بنفس القيمة عن خطـــوط تساوي الضغط بذلك فأن حركة الثلج البحري تكون موازية لخطوط تساوي الضغط)

وفي حالة ثلج البحر المفتوح (3/10 - 1/10) يكون تأثير الرياح علي حركة الثلج كبـــير بينما يكون تأثير الرياح علي حركة الثلج ضعيف في حالة ثلج البحر المغلق (8/10 – 7/10)

الجبال الثلجية Icebergs: الجبال الثلجية عبارة عن كتل كبيرة من الثلج العائم منزوعـــة من الثلاجات. وعمق الجبال الثلجية تحت سطح المياه بالنسبة إلي ارتفاعه فوق ســـطح المياه يتغير باختلاف أشكال الجبال الثلجية (وتتغير النسبة من ١: ٥ إلي ١: ٨)

والجبال الثلجية تقل في الحجم بالطرق التالية:

- الذوبان نتيجة أشعة الشمس.
- الذوبان نتيجة التيارات الساخنة مثل تيار الخليج الدافئ.
- عملية النحر **Erosion** الناتج عن الرياح والأمواج.
- قطع أي قطعة من الجبال الثلجية.

وعمليا فأن الجبال الثلجية تشكل خطورة كبيرة علي الملاحة البحرية وقدرتها علي عكس الطاقة المنبعثة من الرادار ضعيفة ولا يمكن تميز الجبال الثلجية بواسطة الرادار.

والحد الشرقي للمساحة التي ربما توجد بها جبال ثلجية في نصف الكرة الشمالي هو خط عرض ٤٠° شمالا وخط طول ٨٠° غربا (ش ١٥٥ – a) والرسم البياني الموضح بالقسم b والوجود بأسفل ش ١٥٥ يوضح عدد الجبال الثلجية التي تحدث خلال شهور السنة بالمحيط الأطلنطي الشمالي ومن هذا الرسم البياني يتبين أن الجبال الثلجية توجد خلال الفترة من فبراير إلي أغسطس وأن شهور السنة التي يكثر بها حدوث الجبال الثلجية في المحيط الأطلنطي الشمالي هي شهور السنة من مارس إلي يونيو بينما التواريخ الموضحة بالقسم a من ش ١٥٥ تدل علي تواريخ أهم جبال ثلجية حدثت خلال القرن العشرين ونادرا ما تصل الجبال الثلجية إلي خط عرض ٤٠° جنوبا (في نصف الكرة الجنوبي) وش ١٥٦ يبين صورة للجبال الثلجية

دلائل الاقتراب من الثلج البحري والجبال الثلجية: يمكن تلخيص دلائل الاقتراب من الثلج البحري والجبال الثلجية فيما يأتي:

١. يوجد حائط من الضباب عند حافة الثلج.

٢. انخفاض سريع في درجة حرارة الماء تحت الصفر المئوي.

٣. سماع أصوات الطيور بعيدا عن الشاطئ.

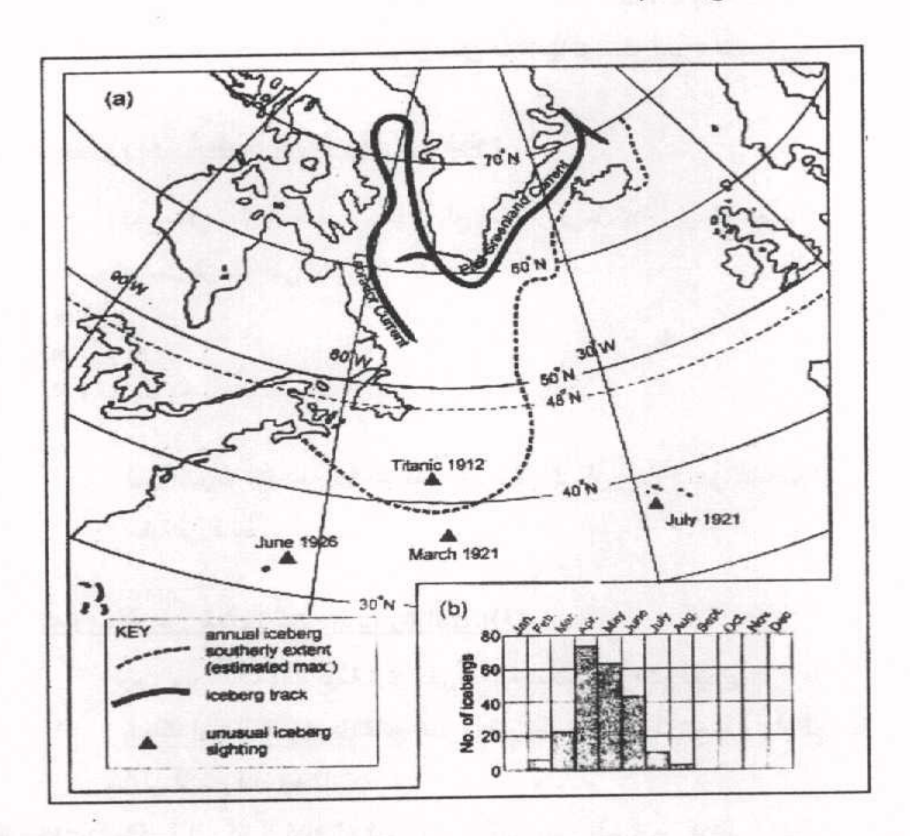
٤. سماع صوت تكسر الثلج أو سقوطه في البحر.

٥. عدم وجود أمواج بحرية أو تموج بحري مع وجود رياح نشطة.

٦. الرادار: يعتمد شكل الصدى علي شاشة الرادار علي شكل الثلج البحري والمكونات الجليدية الموجودة علما بأن صدي الجبال الثلجية علي شاشة الرادار ضعيف جدا.

٧. انعكاس ضوء اصفر مبيض من الثلج إلي السماء بالقرب من خط الأفق.

٨. وجود قطع صغيرة من الثلج بجانب السفينة دليل وجود أو الاقتراب من قطع كبيرة من الثلج البحري.



(ش ١٥٥) حركة الجبال الثلجية في المحيط الأطلنطي الشمالي

<u>التقارير الخاصة بالثلج البحري طبقا للاتفاقيات الدولية:</u>

١. يمكن أن يرسل تقرير عن وجود ثلج بحري باللغة العادية أو باستخدام الشفرة وقد أعدت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية **WMO** شفرتين لثلج البحر للاستخدام الدولي.

٢. يوجد برنامج دولي لخدمات الثلج البحري يمول بواسطة الدول التي تستخدم سفنها المحيط الأطلنطي واسم النداء لهذا البرنامج **NIDK** والغرض من هذا

البرنامج هو تحديد مواقع الجبال الثلجية والحقول الثلجية التي تقترب من الخطـوط الملاحية في المحيط الأطلنطي وهذا البرنامج يستمر خلال الفترة من أول مـارس إلي أول يوليو من كل عام أو في أوقات أخرى إذا استعدت الظروف إلي ذلك.

٣. توجد خرائط خاصة بالثلج البحري يمكن استلامها بواسطة أجهزة الفاكسيلي.

واجبات ربان السفينة عندما يقابل ثلج خطر:

١- يجب علي ربان السفينة عندما يقابل ثلج خطر أن يرسل إنذارا "رسالة خطـو" وتشمل الرسالة علي الآتي:

- الموقع.
- نوع الثلج.
- وقت وتاريخ الرصد.

٢- السير بسرعة متوسطة "ليلا "أو تغير خط السير إلي أن يصل إلـي منطقـة خالية من الخطر.

تصرف الربان خلال الثلج Operation in Ice :

توجد أربعة ملاحظات مهمة تؤثر علي سلامة الملاحة في الثلج البحري:

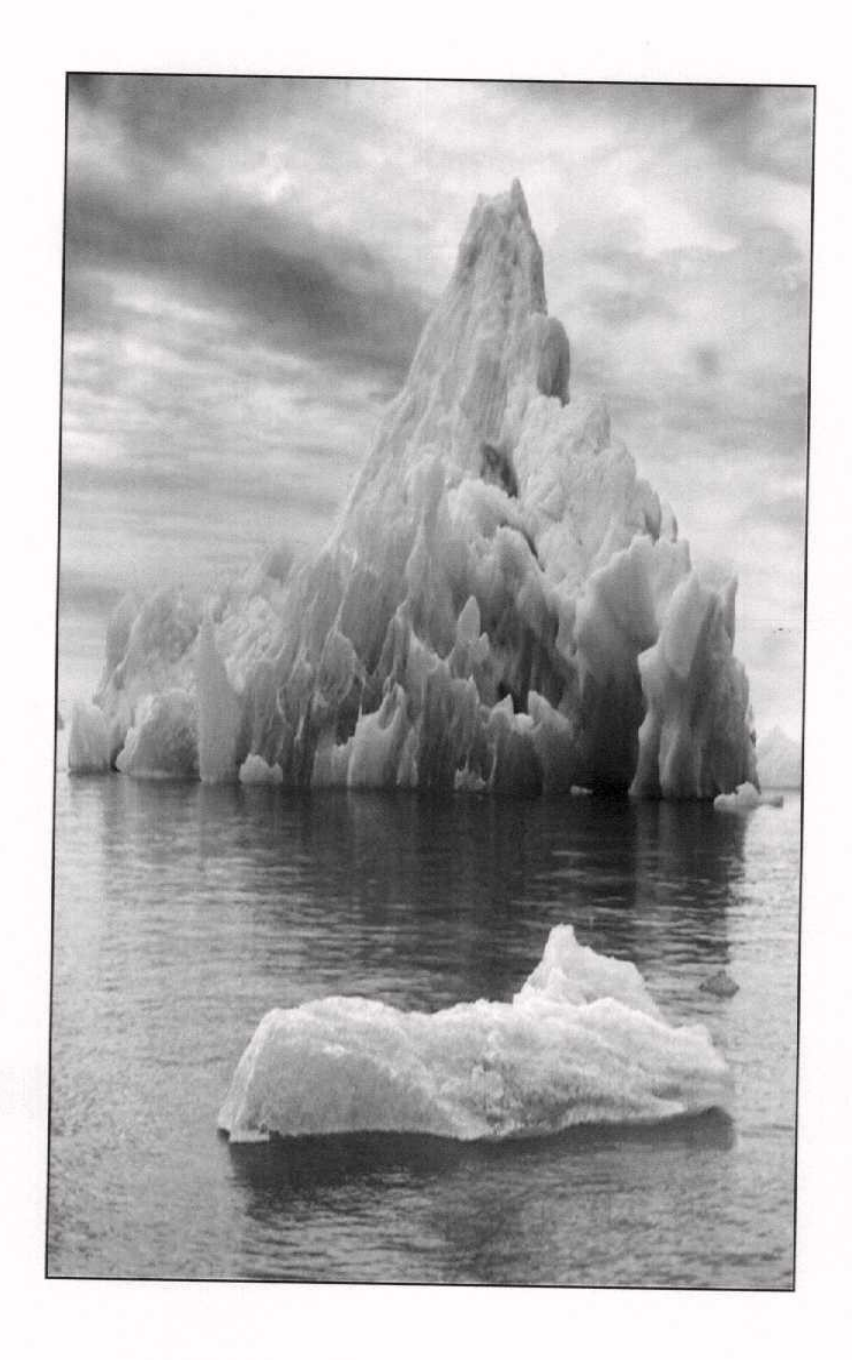
١- السمك (مرحلة النمو): هل الثلج البحري الموجود ثلج جديد أم ثلج حديث أم ثلج سنة أولي أو ثلج قديم وهكذا.

٢- . الكمية (التركيز): كمية ثلج البحر تقدر بالعشر من سطح البحر المغطي بالثلج.

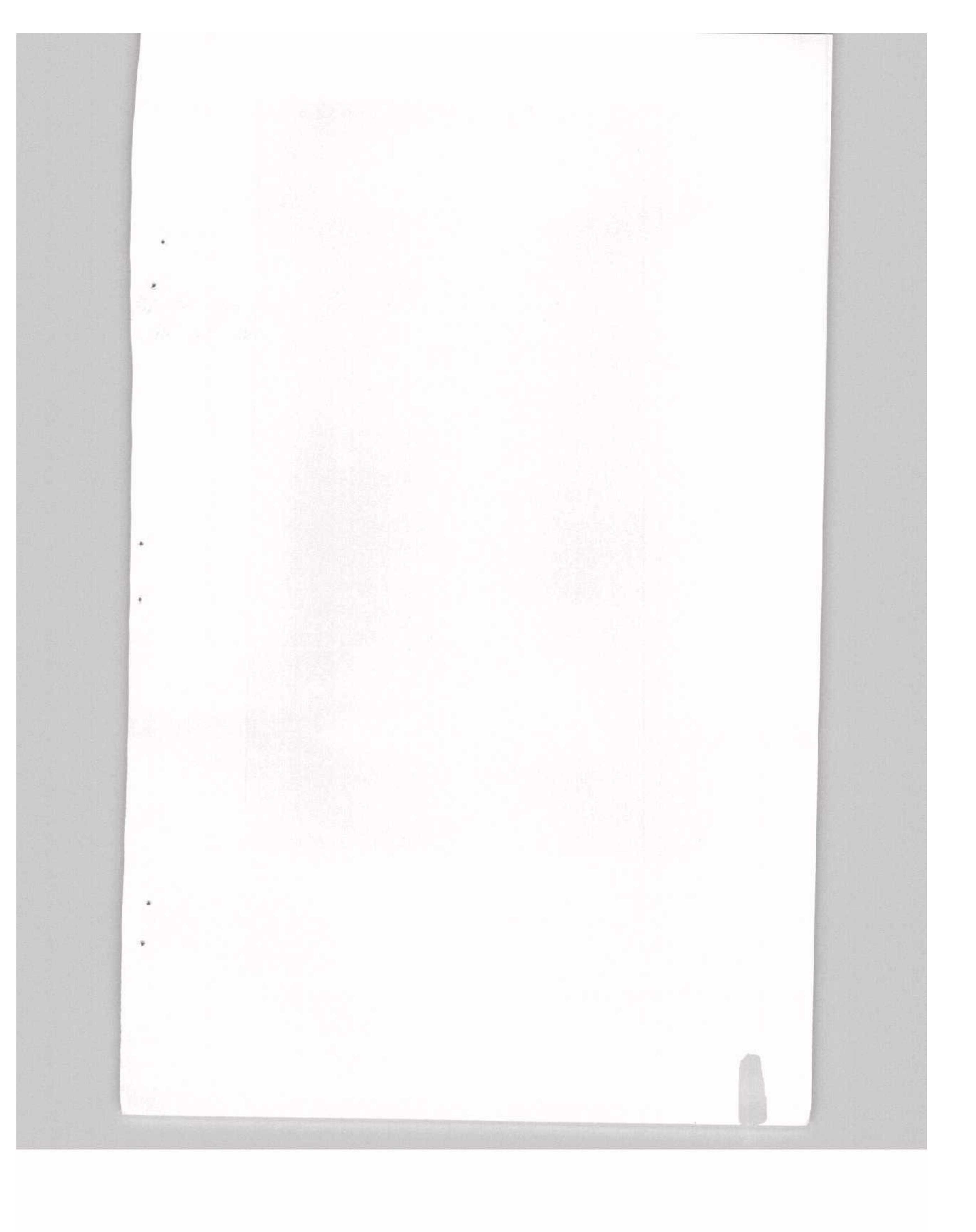
٣- شكل الثلج: هل الثلج ثلج بحري **Pack Ice** أم ثلج متبقي **Fast Ice** بالإضافة إلي حجم الاطواف الثلجية.

٤- حركة الأمواج: حيث من المعروف أن حركة الأمواج تغير شكل ثلج البحر.

ويعتبر الثلج البحري عائق لأي سفينة حتى بالنسبة لكسارات الثلج وعموما العبور الناجح من خلال الثلج هو أن تكون هناك مساحة للمناورة الحرة بحيث أنه إذا حوصرت السفينة بـالثلج فإنها تتحرك في نفس اتجاه حركة الثلج البحري وأثبتت التجارب أنه يمكن استخدام الملاحظات التالية أثناء الملاحة في الثلج البحري:



(ش ١٥٦) الجبال الثلجية



١- الاستمرار في الحركة حتى ولو كانت بطيئة جدا.

٢- التحرك مع الثلج المتحرك وعدم التحرك عكس اتجاه حركة الثلج.

٣- زيادة سرعة السفينة يؤدي إلي تحطيم السفينة بواسطة الثلج.

٤- السفن التي لم تعد أساسا للإبحار خلال الثلج يمكنها أن تسير في الثلج الخفيف بينما السفن المجهزة للمرور خلال الثلج يمكنها أن تتحرك خلال ثلج السنة الأولي والذي درجة تركيزه **6/10** إلي **7/10**

٥- جميع أجهزة الملاحة واللاسلكي بالسفينة يجب أن تكون علي درجة عالية من الكفاءة وخاصة الرادار.

٦- ماكينات السفينة يجب أن تجهز بحيث تستطيع أن تتحرك بسرعة وقت اللزوم.

٧- يجب أن تكون السفينة مجهزة بأجهزة إضاءة حيث أن السفينة يمكن أن تسير ليلا بكسارات ثلج أو بدون كسارات ثلج.

<u>الاحتياطات الواجب اتباعها عند الإبحار بالقرب من الثلج البحري:</u>

يمكن تلخيص الاحتياطات الواجب اتباعها عند الإبحار بالقرب من الثلج البحري فيما يأتي:

١- لابد أن تسير السفينة بسرعة متوسطة مع مراعاة اليقظة التامة <u>(في حالة وجود ضباب يتم الاهتمام أكثر)</u>

٢- عند الإبحار في ثلج البحر **Pack Ice** فانه يجب أتباع الفتحات والممرات الموجدة وعموما فان هذه الفتحات تري كخطوط سوداء خلال الثلج اللامع.

٣- لا يجب عمل أي محاولة لاختراق التباب الجليدية أو الدخول فيها.

٤- إذا كان من الضروري من اصطدام السفينة بالثلج فلابد أن يتم هذا بمقدم السفينة.

٥- أنسب طريقة لدخول حقل الثلج البحري أن تكون السفينة عمودية علي حقل الثلج البحري.

٦- يجب الإلمام التام بطرق تخليص السفينة من الثلج (التقدم للأمام والي الخلف – ملء وتفريغ تنكات المقدم والمؤخر – ربط السفينة في مؤخرة الثلج مع تحريك السفينة بأقصى سرعة للخلف).

٧- تحديد موقع السفينة بصفة مستمرة وبدقة.

٨- الحرص التام علي منع تجمد الماء في الخزانات وماكينات السطح.

٩- التأكد من صلاحية السفينة ومدي قدرتها علي تحمل الاصطدام المتوقع بالثلج مع التأكد من وجود جميع الأجزاء الاحتياطية وقطع الغيار اللازمة.

قافلة السفن خلال الثلج Ice Conveys:

١- إذا كانت درجة تركيز الثلج أكبر من **3/10** فأن السفن الغير مجهزة أساسا للعمل في الثلج يلزمها أن تكون في قافلة سفن تتقدمها كسارة ثلج وقد أثبت التجارب إن ربان سفينة كسارة الثلج لابد أن يكون هو قائد القافلة.

٢- وليتم ترتيب السفن في قافلة الثلج فأنه يتم الحصول علي المعلومات التالية عن كل سفينة: طولها - نصف قطر دوران السفينة - الوزن - الغاطس - خبرة ربان السفينة في الإبحار خلال الثلج.

٣- تتكون قافلة الثلج عادة من ثلاث سفن أو ٤ سفن بالإضافة لكسارة الثلج.

٤- إذا كان هناك كسارة ثلج واحدة فإنها تكون في مقدمة قافلة الثلج وإذا كان هناك كسارتين للثلج تتقدم إحدى الكسارتين القافلة بحوالي ميل بحري كمرشد وتتقدم الكسارة الأخرى القافلة مباشرة.

٥- بناءا علي خبرة ربان سفينة القيادة وبناءا علي وضع قافلة الثلج يتم تقدير المسافة بين السفن في القافلة ويمكن الاتفاق علي إشارة معينة لتغير هذه المسافات حسب التغيرات في حالة الثلج البحري ويجب علي كل سفينة في قافلة الثلج أن تستخدم مقياس مدي أو رادار **Range Finder**.

٦- إذا كانت درجة تركيز الثلج البحري أقل من **7/10** يمكن لسفن قافلة الثلج أن تسير دون صعوبة وفي حالة الثلج السميك يجب أن يستمر دوران رفاصات السفن ببطيء حتى لا تتحطم الرفاصات بواسطة الثلج ويتم تقليل المسافات بين السفن.

٧- وقبل الدخول في الثلج يقرر ربان كسارة الثلج المسار الذي سوف تمر منه قافلة الثلج ويتم تحديد خط السير التبادلي.

تراكم الثلج علي السفن Ice Accretion on Ships: تراكم الثلج علي السفن يسبب تلفا كبيرا لها وخاصة السفن التي تقل حمولتها الكلية عن ١٠٠٠ طن ويسبب تراكم الثلج علي السفن صعوبة كبيرة عند تفريغ حمولة السفن في المواني بالإضافة إلى تأثيرها علي اتزان واستقرار السفن. ويكون هذا التأثير كبير جدا وضار بالسفن الصغيرة وخاصة سفن الصيد ويوجد نوعان من تراكم الثلج علي السفينة هما:

١- تراكم الثلج الناتج من ماء البحر.

٢- تراكم الثلج الناتج من الماء العذب.

أولا: التراكم الناتج عن ماء البحر: يتكون نتيجة الأسباب التالية:

- الرذاذ (رشاش البحر)
- قذف المياه لأعلا السفينة نتيجة لاصطدام السفينة بالأمواج البحرية.
- الرذاذ الذي يهب من قمم الأمواج.

ثانيا: التراكم الناتج عن الماء العذب: يتكون نتيجة الأسباب التالية:

- تجمد المطر أو الرذاذ.
- الضباب المتجمد.
- تكون الجليد علي سطح السفينة. (ضباب الانتقال - دخان البحر)

واجبات ربان السفينة عندما يحدث تراكم الثلج علي السفينة: عندما يتوقع ربان السفينة أو يقابل تراكم الثلج علي سفينته يجب أن يقوم بالآتي:

١- يغير خط السير إلي مناطق أسخن.

٢- يبحث عن ملجأ يحتمي به من الأمواج.

٣- يرسل رسالة خطر وهذه الرسالة تحتوي علي ما يأتي:

- وقت وتاريخ حدوث التراكم.
- موقع السفينة.
- درجة حرارة الهواء.
- درجة حرارة المياه.
- سرعة واتجاه الرياح.
- حالة البحر.

تأثير تراكم الثلج علي السفن:

١- تراكم الثلج يكون عنيف جدا بالنسبة للسفن الصغيرة وخصوصا التي تقل حمولتها عن ١٠٠٠ طن.

٢- تلف أجهزة الرادار واللاسلكي نتيجة تراكم الثلج والجليد فوق الهوائيات الخاصة بها مما يعوق عمليات الإرسال والاستقبال.

٣- تقليل الاتزان.

٤- تقليل الرؤية علي ظهر السفينة.

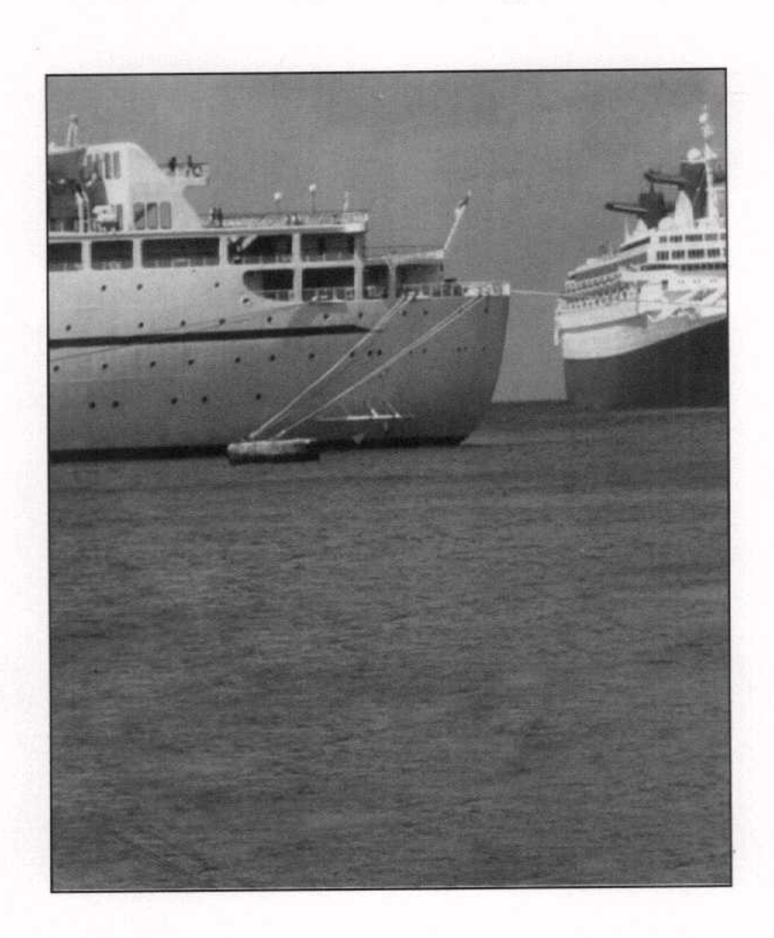
٥- صعوبة تداول البضائع في ميناء التفريغ.

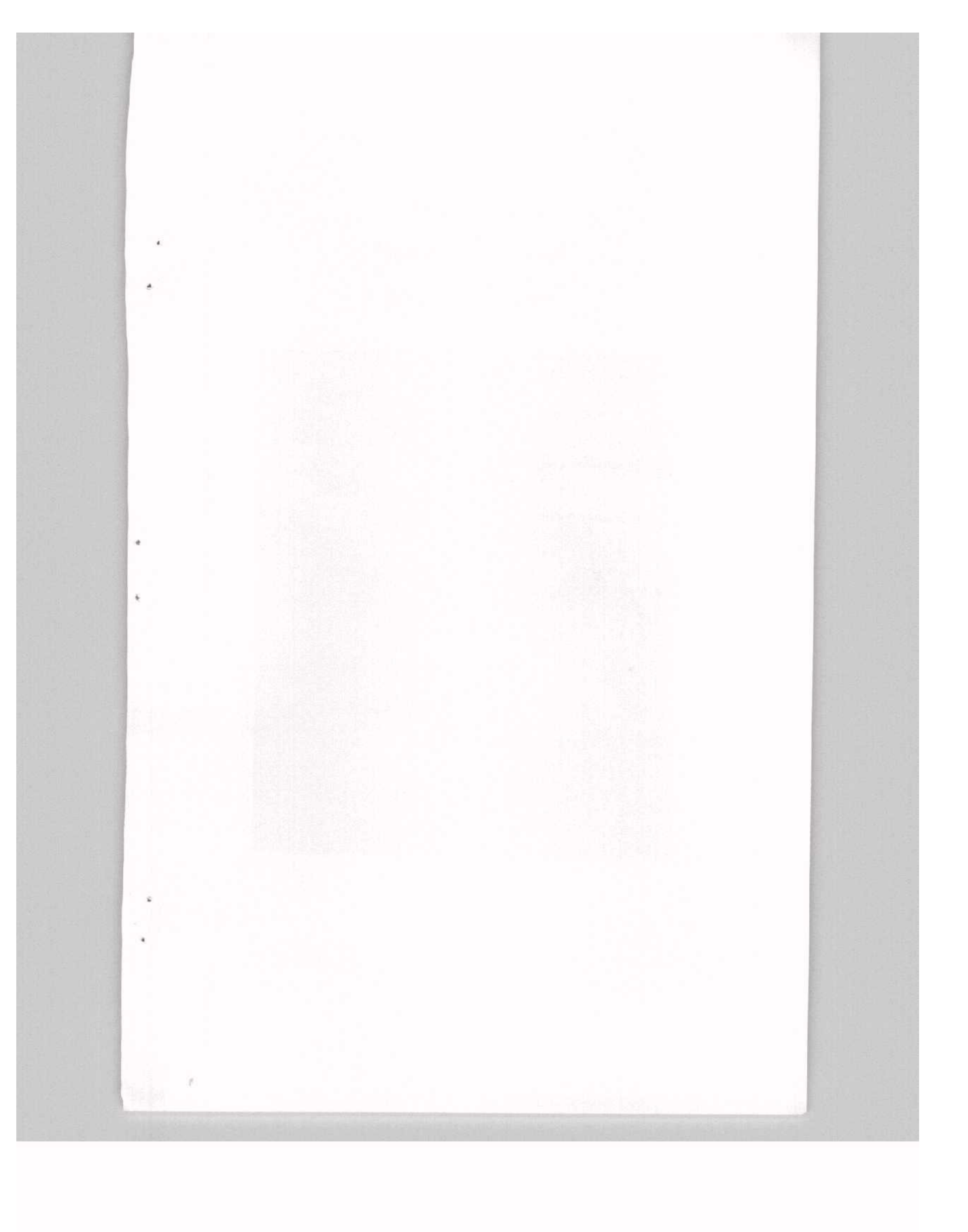
٦- تجمد المياه في الخزانات.

الباب العشرون

الطرقات الملاحية

Weather Routeing





الباب العشرون

الطرقات الملاحية

Weather Routeing

الطرقات الملاحية تساعد ربان السفينة في اختيار خط سير للسـفينة يقلـل مـن التأثير السيئ للأحوال الجوية ويقلل من الوقت الخاص بالرحلة البحرية وخط السير هـذا يسمي **خط السير المثالي ذو أقصر وقت Least time track**.

ويتم في بعض الأحيان أعداد خط السير المثالي ذو أقصر وقت باسـتخدام المتوسـطات المناخية اليومية والشهرية بالإضافة لكتب الإرشاد الملاحـي . وأعـداد الطرقـات الملاحيـة بواسطة استخدام المتوسطات المناخية التي توجد في الأطـالس المناخيـة أو كتـب الإرشـاد الملاحي تسمى **بالطرقات المناخية Climatic Routeing** وهي لا تصلح إلا للمناطق التـي تتأثر بالتغيرات الموسمية مثل المحيط الهندي وبحر الصين.

وبصفة عامة فأن اختيار خطوط السير التي تعتمد علي المعدلات المناخية تكـون غـير مناسبة وغير دقيقة لان المعدلات المناخية لا تظهر التغيرات السريعة في الأحوال الجوية التـي تتغير من وقت لآخر ولأن المعدلات المناخية لا تظهر شدة الأحوال الجوية في الغلاف الجـوي. وكذلك حجم العواصف الجوية.

والطرقات الملاحية الحديثة تعتمد علي التنبؤات الجوية طويلة المـدى (مـن ٣ إلـي ٥ يـوم) وتعرف باسم **الطرقات الملاحية وفقا للأحوال الجوية Weather Routeing** وهـي اكـثر دقة من الطرقات المناخية.

والجدول التالي يبين الفرق بين الطرقات المناخية والطرقات الملاحية وفقا للأحوال الجوية

الطرقات المناخية	الطرقات الملاحية وفقا للأحوال الجوية
يتم استخدامها في خطوط العرض الوسطي في مناطق التغيرات الموسمية (طرقات صيفية وطرقات شتوية) يتم استخدامها في المحيط الهندي وبحر الصين بنجاح نظرا لان التغيرات الموسمية منتظمة وتطابق التغيرات الشهرية	يتم استخدامها في خطوط العرض المتوسطة في المحيط الأطلنطي والمحيط الهادي حيث تكون التغيرات اليومية للأحوال الجوية وحركة المنخفضات الجوية غير منتظمة ولا تتفق مع التغيرات المناخية الشهرية لذلك فأن الطرقات المناخية لا تصلح في هذه المحيطات ويتم استخدام الطرقات الملاحية وفقا للأحوال الجوية بهذه المحيطات
أقل دقة	أكثر دقة
هذه الطرقات لا تصلح للمحيط الأطلنطي والمحيط الهادي	تصلح لجميع الأماكن
يستخدم في أعدادها المتوسطات المناخية اليومية والشهرية	يستخدم في أعدادها خرائط الطقس وخرائط الأمواج ومنحنيات سلوك السفينة
لا تحتاج لتنبؤات	تحتاج لتنبؤات قصيرة المدى وتنبؤات طويلة المدى لعدة أيام
لا تحتاج لجهد كبير في أعدادها	تحتاج لجهد كبير في أعدادها

العوامل التي تؤخذ في الاعتبار عند اختيار خط السير ذو أقصر وقت: الهدف الأساسي من اختيار خط السير ذو أقصر وقت هو تحقيق اقصر مسافة للرحلة البحرية مع تحقيق السلامة **والعوامل التي تؤخذ في الاعتبار عند اختيار خط السير هي العوامل التالية:**

١- **المسافة:** اقصر مسافة ليس من اللازم اتباعها في كل الأحوال حيث توضع العوامل الأخرى في الاعتبار.

٢- **الرياح والأمواج:** ومن المعروف أن الرياح القوية التي في عكس حركة السفينة ينتج عنها أمواج من المقدم تجعل سرعة السفينة تقل بسرعة ملحوظة والتمـــايل الطولـــي والتمـــايل العرضي يقللا من طاقة دوران رفاص السفينة بالاضفة للمقاومة الناتجة عن تأثير الريـــاح علي بدن السفينة.

٣- **التيارات البحرية:** والتيارات البحرية قد تزيد أو تنقص من وقت الرحلة البحرية.

٤- **الثلج البحري:** ويجب الابتعاد عن الثلج البحري وإذا اضطرت السفينة إلي الدخـــول فـــي مناطق الثلج البحري فيجب الحرص الشديد مع تقليل السرعة.

٥- **الضباب:** يجب تفادي مناطق الضباب ونظرا لان التنبؤ بالضباب لا يظهر علـــي خرائـــط الفاكسيملي لذا يجد ربان السفينة صعوبة في اتخاذ قراره.

٦- درجة حرارة الهواء.

٧- درجة حرارة المياه السطحية.

٨- احتمال حدوث تراكم ثلج علي سطح السفينة.

العوامل التي تؤثر علي سلوك السفينة في البحر:

يعتمد سلوك السفينة في البحر علي ما يأتي:

١- **التيارات البحرية:** من المعروف أن تأثير التيارات البحرية علي سلوك السفينة غـــير معقـــد وربابنة السفن يستخدمون خرائط التيارات البحرية لمعرفة تأثيرها علي السفينة في البحر ويمكـــن الاستفادة من التيارات البحرية عندما يكون خط السير المقترح ملاصقا لمحور التيارات الســـائد في المنطقة لفترة من الزمن.

٢- **الرياح:** أن تأثيرات الرياح والأمواج علي سلوك السفينة يجب أن تدرس معا لأنه لا توجـــد رياح في البحر بلا أمواج حيث أن الأمواج تنمو بواسطة الرياح ولقـــد تبيـــن مـــن الدراســـات

والبحوث أن الرياح القادمة من المقدمة **Head Wind** تعوق تقدم السفينة أكثر مـــن الريـــاح القادمة من المؤخر **Following Wind** والتي لها نفس السرعة التي تساعد **علي** تقدم السفينة.

وبصفة عامة فأن جميع الدراسات علي تأثير الرياح علي سلوك السفينة **تؤكد أهمية أبعـاد** السفينة وحمولتها بالنسبة إلي مقاومة الرياح وكذلك فأن الرياح التي تقابل السفينة **مـــن المقـدم** تقلـل سرعة السفينة بنسبة ٥ % بينما الرياح التي تؤثر علي السفينة **من المؤخر تزيد ســـرعة** السفينة بنسبة ٢ % وذلك **في حالة أن تكون سرعة الرياح مساوية لسرعة السفينة.**

٣-الأمواج البحرية: الأمواج البحرية لها تأثير كبير علي سرعة السفينة **مثل المقاومة الســطحية** الناتجة عن زيادة سطح السفينة المغمور في الماء والتغير في المقاومة **الناتج عن حركة الســفينة** مثل التمايل الطولي والعرضي المصاحب للسفينة.

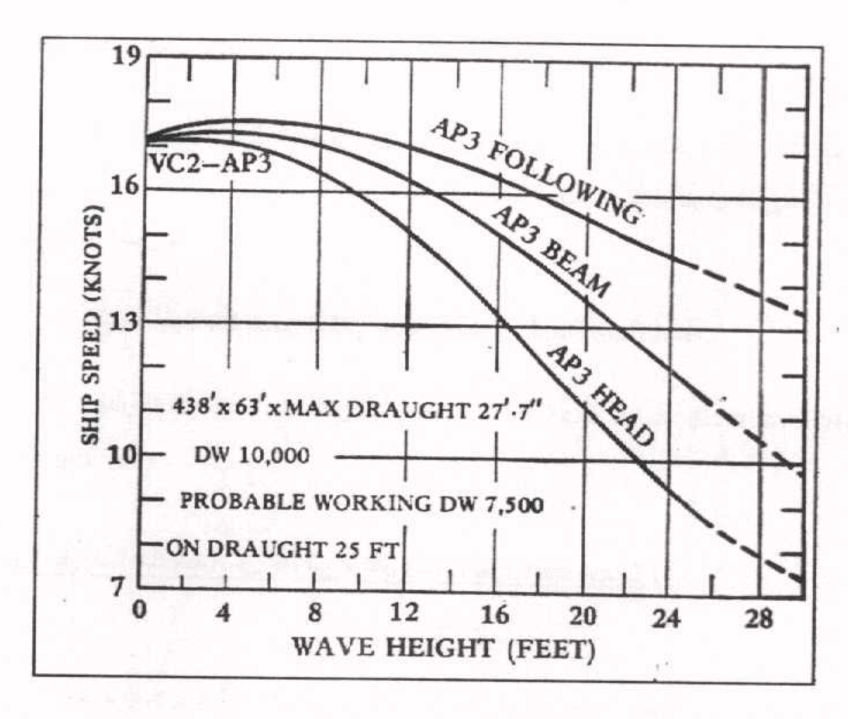
وبصفة عامة فانه عند الموجات العالية المتعامدة يقرر الربان تغير اتجاه **السفينة لتفـــادي** التمايل العرضي حيث أثبتت الدراسات أن التمايل العرضي **Rolling** لا يسبب **تقليل ملمـوس** في السرعة ولكن التمايل العرضي يسبب: خطر إزاحة البضـــائع - عـدم الراحـــة للبحـــارة والمسافرين بينما التمايل الطولي **Pitching** يحدث تقليل في سرعة السفينة وتأثيره كبير جدا.

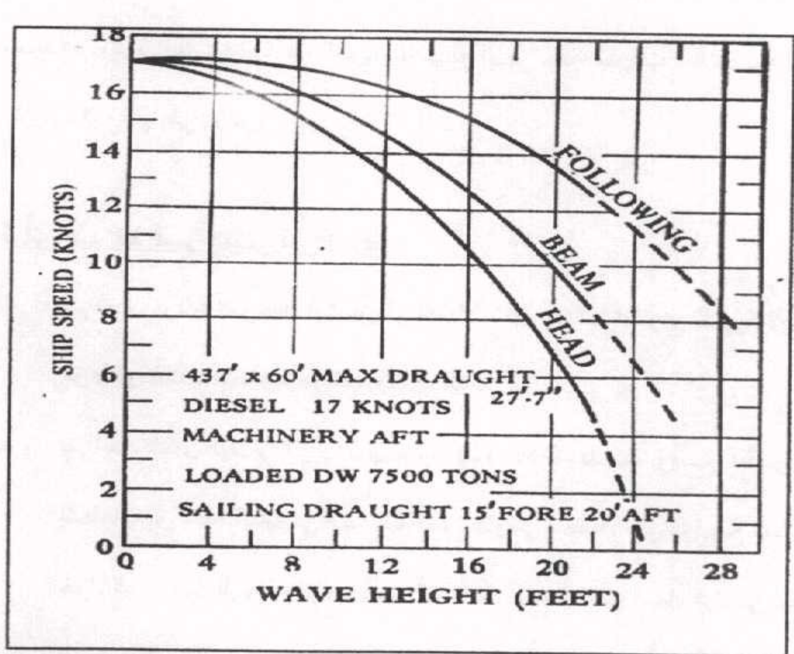
<u>منحيات سلوك السفينة Ship Performance Curves:</u>

من الطبيعي أن يعلم ربان السفينة المعلومات التي تؤدي إلي نقص سرعة الســفينة نتيجـــة تأثير الأمواج علي السفينة. وعند البدء في عمل خط السير فأنه من الأفضـــل للربـــان معرفـــة تـــأثير العوامل الجو مائية علي السفينة بواسطة استخدام منحنيات معينة تسمي **<u>منحيات ســلوك السفينة Ship Performance Curves</u>**

وبدراسة تأثير الأمواج البحرية علي السفينة من شكل ١٥٧ والذي يوضح العلاقـــة بيـــن سرعة السفينة بالعقدة وارتفاع الأمواج البحرية بالقدم نجد أن

١. الأمواج القادمة من مقدم السفينة لها تأثير كبير في تقليل سرعة السفينة ومـــع زيـــادة الزاوية بين السفينة واتجاه الموجة فان التأثير يقل.
٢. الأمواج القادمة من مؤخر السفينة تؤثر في زيادة سرعة السفينة زيادة طفيفة.





(ش ١٥٧) منحني سلوك السفينة ويمثل العلاقة بين سرعة السفينة بالعقدة وارتفاع الأمواج البحرية بالقدم

أعداد الطرقات الملاحية:

يتم أعداد الطرقات الملاحية من البر أو من علي ظهر السفن في البحر وفقا للأحوال الجوية. ومن المعروف أنه توجد طرقتين لأعداد الطرقات الملاحية وفقا للأحوال الجوية من علي ظهر السفن هما:

١. **طريقة أعداد خط السير المثالي ذو اقل وقت** **Least time track**

٢. **الطريقة الحديثة لأعداد الطرقات الملاحية** **Modern method of weather routeing**

أولا: طريقة أعداد خط السير المثالي ذو اقل وقت Least time track :

يعتمد أعداد خط السير المثالي ذو اقل وقت علي خرائط الأمواج الواقعية والمستقبلة ومنحنيات سلوك السفينة وعموما هذه الطريقة لا تصلح إلا في حالة الطرقات الملاحية لمدة يومان أو ثلاثة أيام علي الأكثر.

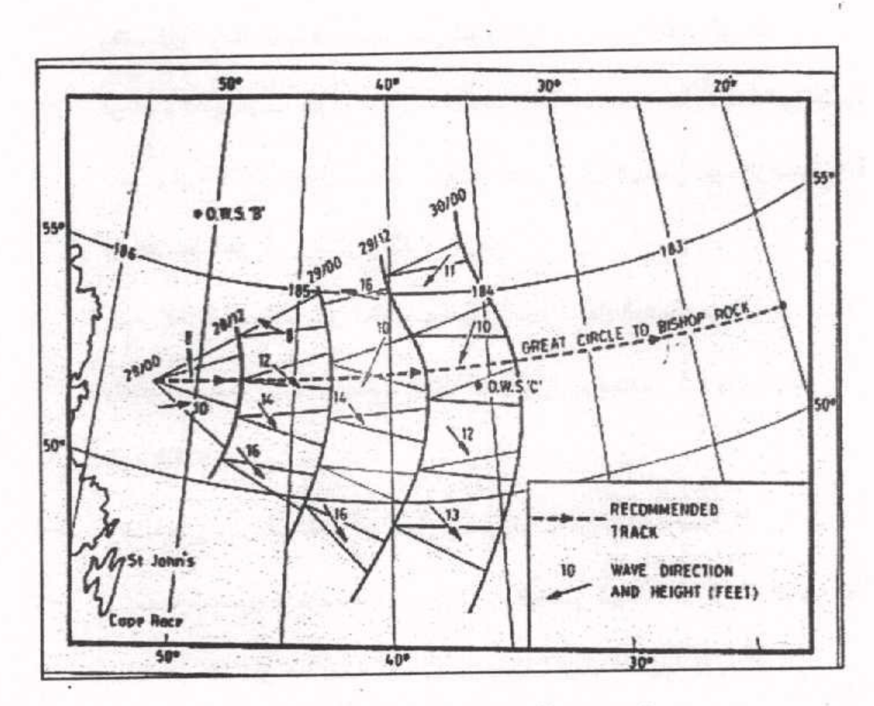
خطوات أعداد خط السير المثالي ذو اقل وقت:

أ. يتم أعداد خرائط السرعات المتساوية وذلك بالاستعانة بخرائط الأمواج البحرية لأيام الرحلة وكذلك باستخدام منحنيات سلوك السفينة.

ب. يتم أعداد المحل الهندسي لليوم الأول للرحلة (٢٤ ساعة) وذلك برسم خطوط أو إشعاعات من نقطة البداية في اتجاه خط السير التقريبي فنحصل علي موقع السفينة خلال اليوم الأول للرحلة وبتوصيل هذه الإشعاعات نحصل علي المحل الهندسي لليوم الأول من الرحلة.

ت. يتم تحديد المحل الهندسي لليوم الثاني ولليوم الثالث للرحلة بنفس الطريقة بعد أن يتم تحديد المحل الهندسي لليوم الأول وذلك بالاستعانة بخرائط تساوي السرعات ومنحنيات سلوك السفينة.

ث. يتم اختيار خط السير المثالي الذي يوفر اقل وقت (ش ١٥٨).



(ش ١٥٨) أعداد خط السير المثالي ذو اقل وقت

ثانيا : الطريقة الحديثة لأعداد الطرقات الملاحية من على ظهر السفن

Modern method of weather routeing:

هذه الطريقة تعتبر اكثر تطورا من الطريقة الأولى وهي تهتم بحركة المنخفضات الجوية ومراكزها ومساراتها وشدتها وهي تصلح لأكثر من ثلاثة أيام وتستخدم فيها خرائط الطقس المستقبلة بواسطة أجهزة الفاكسيملي

خطوات الطريقة الحديثة لأعداد الطرقات الملاحية من علي ظهر السفن:

١- يتم تحديد مسارات المنخفضات الجوية طوال مدة الرحلة.

٢- في اليوم الأول يتم تحديد المحل الهندسي لليوم الأول**L1** والثـــاني **L2** والثـــالث **L3** بواسطة منحني سلوك السفينة وخريطة **500 Hpa.** وخريطـــة الأمـــواج الواقعيـــة والمستقبلية. وبذلك يتم تحديد خط السير لليوم الأول والثاني والثالث علي التوالي.

٣- في اليوم الثاني للرحلة يتم اتباع نفس الخطوات السابقة لتحديد المحل الهندســي لليــوم الثاني واليوم الثالث وتعديل خط السير ثم يتم تحديد المحل الهندسي لليوم الرابــع **L4** وتحديد خط السير لليوم الثاني والثالث والرابع.

٤- بنفس الخرائط وباتباع نفس الخطوات السابقة نحدد المحل الهندســـي لليــوم الثــالث وتعديله والرابع وتعديله , ثم نحدد المحل الهندسي لليوم الخامس **L5** ونحدد خط السير لليوم الثالث والرابع.

٥- وهكذا حتى نصل إلي نقطة أخر محل هندسي قريب من نقطة الوصول**B**.

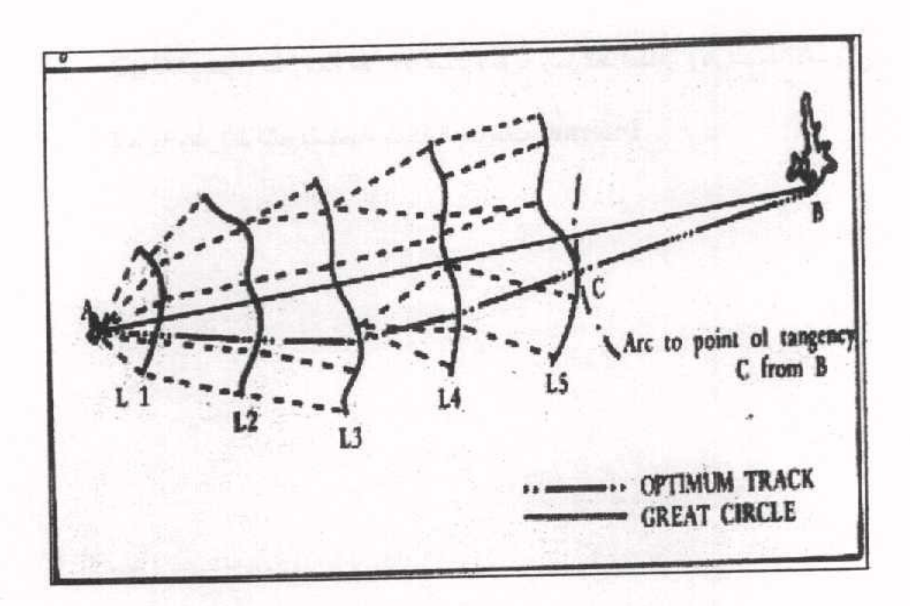
٦- من نقطة الوصول **B** نرسم قوس يمس المحل الهندسي لليوم الأخير لرحلة السفينة عند نهاية آخر خط سير عند نقطة **C** ثم نصل نقطة **C** بنقطة النهاية **B** وبذلك نكون قــد حصلنا علي خط السير المثالي الموصي به للرحلة كلها (ش ١٥٨).

مع الأخذ بالاعتبار ما يأتي:

١- إضافة التيار البحري وتأثيره وقيمته في نفس المدة عند نهاية كل شعاع.

٢- تكون الطرقات الملاحية اكثر دقة إذا اعددنا المحلات الهندسية كل ١٢ ساعة.

٣- يحب الاستعانة بخرائط الثلج بمنطقة الطرقة الملاحية وتعديل خط السير إذا لزم الأمر.



(ش ١٥٩) الطريقة الحديثة لأعداد الطرقات الملاحية من علي ظهر السفن

فوائد استخدام الطرقات الملاحية:

١- تعطي عبورا سريعا للسفن مع اقل خسارة ممكنة في الوقت بالنسبة للسفينة.

٢- اقتصادية وتضمن السلامة.

٣- استخدام الطرقات الملاحية في حالة وجود منخفضات جوية يسبب راحة وضمان للركاب والبحارة وكذلك تعطي اقل إجهاد علي بدن السفينة.

٤- تقلل تحرك ورجرجة البضائع.

تقدم أعداد الطرقات الملاحية:

١- استخدام أجهزة الفاكسيملي في نقل خرائط الطقس.

٢- استخدام الأقمار الصناعية والحاسبات الآلية.

٣- ظهور بعض المنظمات الدولية مما زاد من الاهتمام الدولي بهذا المجال.

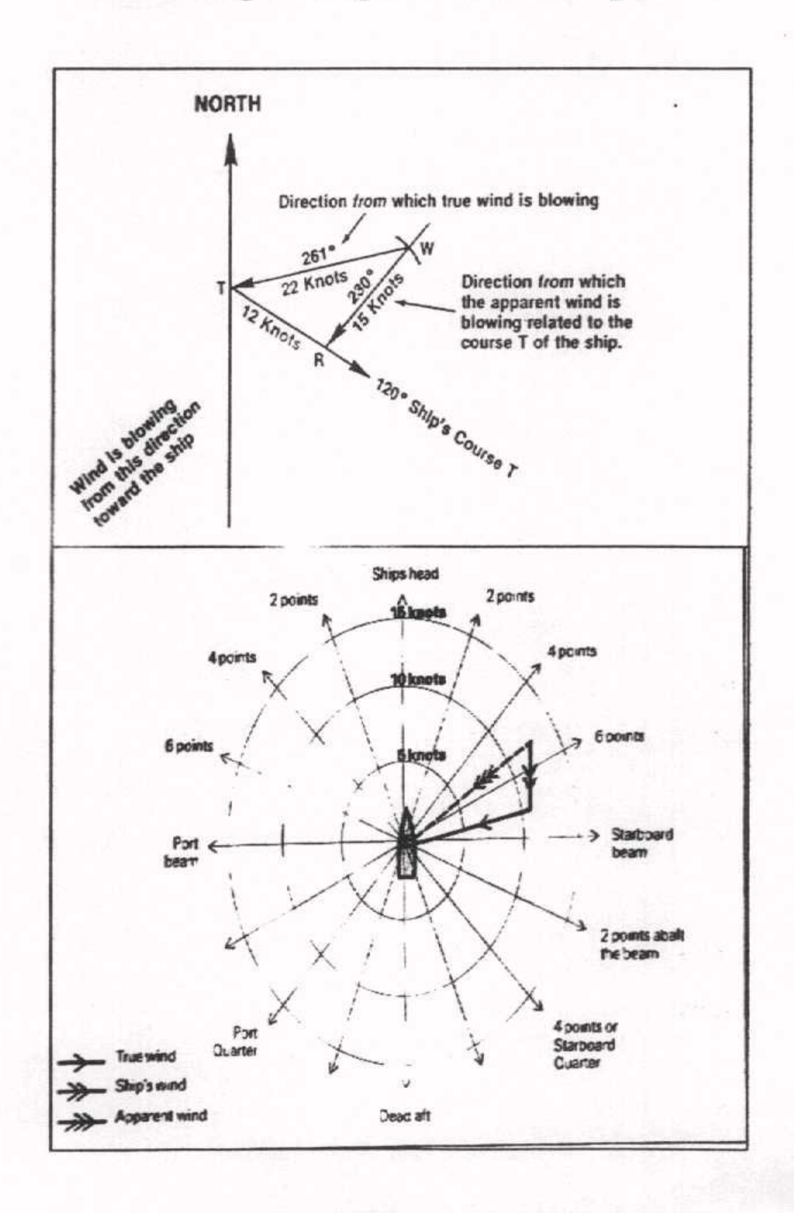
٤- أعداد الطرقات الملاحية بواسطة الحاسبات الآلية.

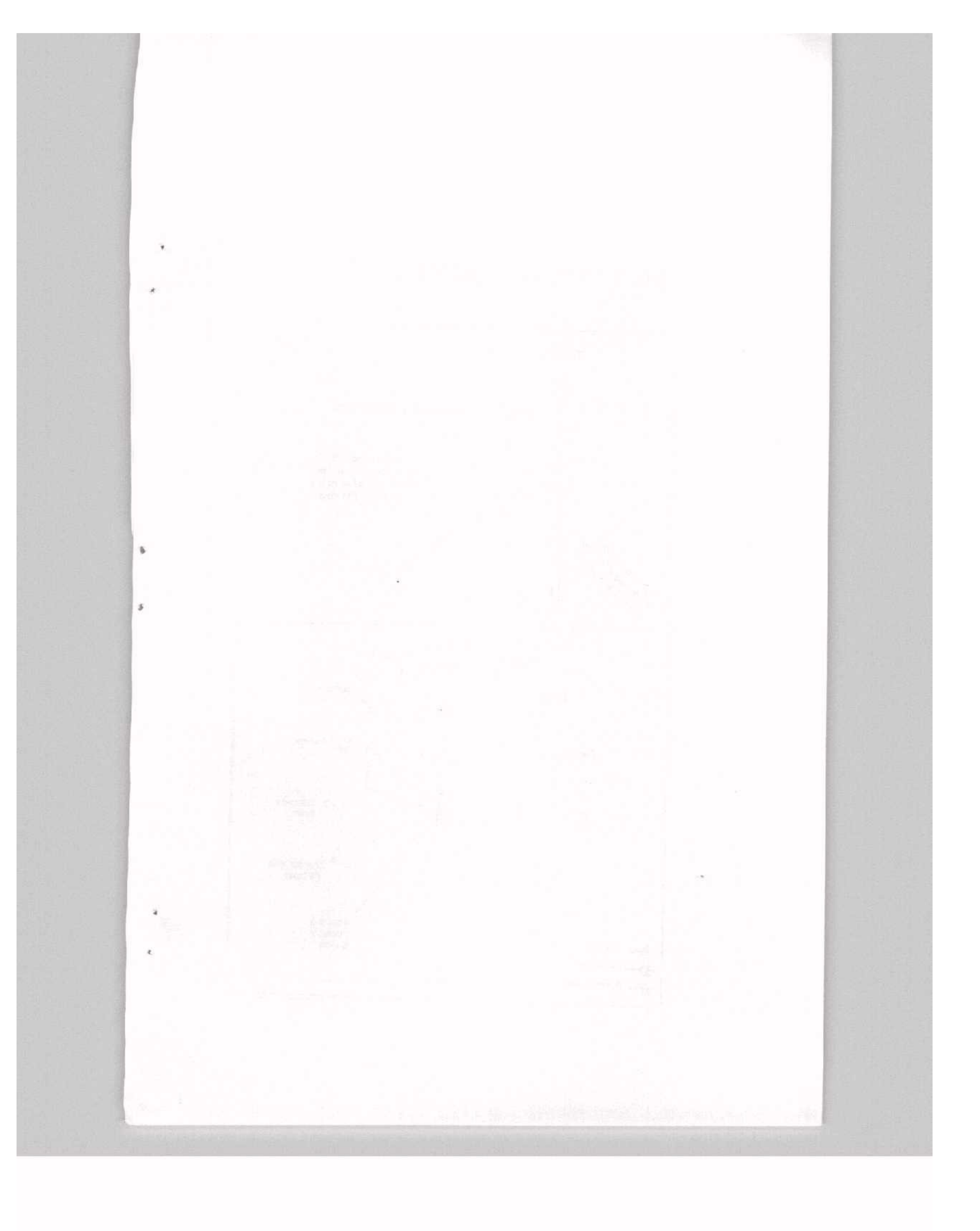
٥- سهولة الحصول علي معلومات الأرصاد الجوية وخرائط الطقس وخرائط الأمواج البحرية وخرائط الثلج باستخدام شبكة المعلومات **Internet**.

ملحق

الشفرة الخاصة بالسفن والناقلات

The Coding of Ships' Weather Reports





ملحق

الشفرة الخاصة بالسفن والناقلات

The Coding of Ships' Weather Reports

عندما تتم عمليات الرصد الجو مائي وتسجيل نتائجها فمن الضروري إرسال هذه المعلومات لمركز أرصاد جوية متخصص ولتحقيق ذلك لابد من تجهيز رسالة في صيغة ملائمة للإرسال عبر نظام خاص بالاتصالات ويعرف ذلك باسم التقرير الجوي. ولضمان إرسال التقرير الجوي بسرعة وكفاءة فمن المهم اختصار هذه الرسالة ولهذا السبب انشأ نظام خاص لشفرات الأرصاد الجوية بغرض إرسال معلومات الأرصاد الجوية. وهناك اتفاق دولي خاص بالشفرات المستخدمة لتبادل معلومات الأرصاد الجوية بين هيئات الأرصاد الجوية المختلفة وقد أطلق عليه الشفرات الدولية للأرصاد الجوية والتي تم وضعها بمعرفة المنظمة العالمية للأرصاد الجوية بسويسرا **World Meteorological Organization (WMO)** والشفرات الموصي باستخدامها في تبادل معلومات الأرصاد الجوية من هيئات الأرصاد الجوية المختلفة لتقديم خدمات الأرصاد الجوية منشورة في مطبوع المنظمة العالمية للأرصاد الجوية رقم ٣٠٦ "دليل الشفرات" ويتم تحديث ومراجعة هذه الشفرات بمعرفة المنظمة العالمية للأرصاد الجوية من وقت إلي آخر. وتتكون هذه الشفرات من مجموعة من الصيغ الرمزية المكونة من حروف أو مجموعة حروف رمزية تمثل عناصر الرصد الجو مائي (مثل **TTT** تمثل درجة حرارة الهواء) وتتحول هذه الحروف أو مجموعات الحروف الرمزية في الرسائل إلي أرقام

وتمثل هذه الأرقام قيمة أو حالة العنصر الذي تصفه. بالإضافة إلي ذلك فـــأن هــذه الشــفرات الدولية تتضمن عددا من الكلمات الرمزية والمجموعات الرمزية وهذه تستخدم كأسماء شفرية أو كلمات شفرية أو مجموعات دالة (مثل المجموعة الرمزية ICE والتي تدل علـــي أن الشــفرة التالية لها خاصة بالثلج البحري)

وخلال هذا الملحق سوف يتم تناول الشفرة المستخدمة في إرسال الرصدات التــي تقـوم السفن برصدها.

الصيغة الشفرية FM13-VII الخاصة بالرصدة الجوية السطحية الصــادرة مــن السفن (الصورة الكاملة):

فيما يلي الصيغة الشفرية الخاصة بالرصدة السطحية الخاصة بالســفن والنــاقلات فــي صورتها الكاملة:

$YYGGi_w$ $99L_aL_aL_a$ $Q_cL_oL_oL_oL_o$ i_Ri_XhVV $Nddff$ $1s_nTTT$

$2s_nT_dT_dT_d$ $4PPPP$ $5appp$ $6RRRt_R$ $7wwW_1W_2$ $8N_hC_LC_MC_H$

$222D_sv_s$ $0s_nT_wT_wT_w$ $1P_{wa}P_{wa}H_{wa}H_{wa}$ $2P_wP_wH_wH_w$ $3d_{w1}d_{w1}d_{w2}d_{w2}$

$4P_{w1}P_{w1}H_{w1}H_{w1}$ $5P_{w2}P_{w2}H_{w2}H_{w2}$ $6I_sE_sE_sR_s$ ICE $c_iS_ib_iD_iz_i$

ملاحظات:

١. تعتبر الصيغة الشفرية **FM13-VII** مناسبة لاستخدامها فـــي محطـــات الأرصـــاد الجوية بالمحيطات والبحار علاوة علي استخدامها للرصدات الجوية التـــي يتـــم رصدهـــا بالسفن.

٢. المجموعات الخمسة الأولى في الشفرة يجب أن ترسل دائما.

٣. المجموعة $222D_sv_s$ يجب أن تتضمنها الشفرة المرسلة وهي تحدد خط سير وسرعة السفينة.

٤. إذا لم تتوافر أي معلومة عن أي جزء من مجموعات الشفرة أو إذا تعذر الحصول علي رصدة أي عنصر لأي سبب من الأسباب يتم كتابة الخط المائل (/) بدلا منه في المجموعة الخاصة به.

٥. المجموعة $6RRRt_R$ والخاصة بكمية وفترة الهطول عادة لا يتم إرسالها لصعوبة قياس كمية الهطول وتحديد فترته علي سطح السفينة.

٦. في حالة وجود سحب أي أن كمية السحاب تساوي صفر (N= Zero) في هذه الحالة فالمجموعة $8N_hC_LC_MC_H$ والخاصة بأنواع السحاب لا يتم إرسالها ضمن الشفرة.

٧. في حالة عدم وجود أي نوع من الظواهر الجوية فأن المجوعة wwW_1W_2 والخاصة بالطقس الحاضر والطقس الغابر لا يتم إرسالها ضمن الشفرة.

<u>الشرح التفصيلي لمجموعات الصيغة الشفرية FM13-VII:</u>

١- المجموعة $YYGGi_w$

التاريخ من الشهر **YY**

وقت الرصد الجوي بالتقويت العالمي **GG**

كيفية قياس سرعة الرياح i_w ويتم معرفته من الجدول التالي

طريقة قياس سرعة الرياح ووحدة قياسها	Code Figure
سرعة الرياح محسوبة بالمتر /ث	0
سرعة الرياح مقاسه بالمتر /ث	1
سرعة الرياح محسوبة بالعقدة	3
سرعة الرياح مقاسه بالعقدة	4

٢- المجموعة $99L_aL_aL_a$

رقمان دالان لمجموعة خط العرض **99**

خط عرض موقع السفينة بأعشار الدرجات $L_aL_aL_a$

٣- المجموعة $Q_cL_oL_oL_oL_o$

موقع السفينة بالنسبة للتقسيم الثاني لسطح الكرة الأرضية Q_c (Code 3333) وفقا للجدول الآتي:

رقم الشفرة	خط العرض	خط الطول
١	شمالا	شرقا
٣	جنوبا	شرقا
٥	جنوبا	غربا
٧	شمالا	غربا

خط الطول بأعشار الدرجات $L_oL_oL_oL_o$

٤- المجموعة i_Ri_xhVV

رقم دال علي مجموعة المطر i_R وفقا للجدول التالي:

رقم الشفرة	معني الشفرة
١	مجموعة المطر مدرجة بالشفرة
٢	مجموعة المطر غير مدرجة بالشفرة عموما
٣	مجموعة المطر غير مدرجة بالشفرة لعدم وجود هطول
٤	مجموعة المطر غير مدرجة بالشفرة لعدم إمكانية قياس كمية الهطول

رقم دال علي نوع محطة الرصد الجوي i_X وفقا للجدول التالي:

رقم الشفرة	معني الشفرة
١	محطة رصد جوي يدوية ومجموعة الطقس الحاضر والطقس الغابر مدرجة بالشفرة
٢	محطة رصد جوي يدوية ومجموعة الطقس الحاضر والطقس الغابر غير مدرجة بالشفرة لعدم وجود ظواهر جوية
٣	محطة رصد جوي يدوية ومجموعة الطقس الحاضر والطقس الغابر غير مدرجة بالشفرة لعدم وجود معلومات عن الظواهر جوية
٤	محطة رصد جوي أتوماتيكية ومجموعة الطقس الحاضر والطقس الغابر مدرجة بالشفرة
٥	محطة رصد جوي أتوماتيكية ومجموعة الطقس الحاضر والطقس الغابر غير مدرجة بالشفرة لعدم وجود ظواهر جوية
٦	محطة رصد جوي أتوماتيكية ومجموعة الطقس الحاضر والطقس الغابر غير مدرجة بالشفرة لعدم وجود معلومات عن الظواهر جوية

ارتفاع قاعدة السحاب المنخفض الموجود بالسماء h وفقا للجدول التالي:

رقم الشفرة	ارتفاع قاعدة السحاب بالقدم	ارتفاع قاعدة السحاب بالمتر
٠	٠ – ١٥٠	٠ – ٥٠
١	١٥٠ – ٣٠٠	٥٠ – ١٠٠
٢	٣٠٠ – ٦٠٠	١٠٠ – ٢٠٠
٣	٦٠٠ – ١٠٠٠	٢٠٠ – ٣٠٠
٤	١٠٠٠ – ٢٠٠٠	٣٠٠ – ٦٠٠
٥	٢٠٠٠ – ٣٠٠٠	٦٠٠ – ١٠٠٠
٦	٣٠٠٠ – ٥٠٠٠	١٠٠٠ – ١٥٠٠
٧	٥٠٠٠ – ٦٥٠٠	١٥٠٠ – ٢٠٠٠
٨	٦٥٠٠ – ٨٠٠٠	١٥٠٠ – ٢٠٠٠
٩	> ٨٠٠٠ أو لا يوجد سحاب	> ٢٥٠٠ أو لا يوجد سحاب
/	ارتفاع قاعدة السحاب غير معروفة	ارتفاع قاعدة السحاب غير معروفة

الرؤية الأفقية **VV** وفقا للجدول التالي:

رقم الشفرة	معني الشفرة
٠٠ إلي ٥٠	الرؤية الأفقية بمئات الأمتار (مثال: ٤٥ تعني أن الرؤية الأفقية هي ٤٥٠٠ متر)
٥١ إلي ٥٥	لا تستخدم
٥٦ – ٨٠	يتم طرح ٥٠ والباقي يعطي الرؤية الأفقية بالكيلومتر (مثال: ٦٢ تعني أن الرؤية الأفقية هي ١٢ كيلومتر)

٥- المجموعة Nddff

كمية السحاب الكلية بالأثمان (١/٨) **N**

اتجاه الرياح بعشرات الدرجات **dd**

سرعة الرياح بالعقدة **ff**

٦- المجموعة $1s_nTTT$

رقم مميز لمجموعة درجة حرارة الهواء **1**

مميز لدرجة حرارة الهواء (سالب أم موجب) s_n وفقا للجدول التالي:

رقم الشفرة	معني الشفرة
٠	درجة الحرارة موجبة أو درجة الحرارة صفر
١	درجة الحرارة سالبة

درجة حرارة الهواء لأقرب رقم عشري **TTT**

٧- المجموعة $2s_nT_dT_dT_d$

رقم مميز لمجموعة درجة حرارة نقطة الندي **2**

مميز لدرجة حرارة نقطة الندي (سالب أم موجب) **s_n** وفقا للجدول التالي:

رقم الشفرة	معني الشفرة
٠	درجة حرارة نقطة الندي موجبة أو درجة حرارة نقطة الندي صفر
١	درجة حرارة نقطة الندي سالبة

درجة حرارة نقطة الندي لأقرب رقم عشري **$T_dT_dT_d$**

٨- المجموعة 4PPPP

رقم مميز لمجموعة الضغط الجوي **4**

الضغط الجوي بالهكتوبسكال لأقرب رقم عشري بعد حذف رقم الآلاف **PPPP**

(إذا كان الرقم الموجود بالشفرة أقل من ٥٠٠٠ يتم إضافة رقم ١ علي اليمين ويمثل الرقم في هذه الحالة الضغط الجوي لأقرب رقم عشري. مثال إذا كان الرقم الموجود بالشفرة ٠١٤٧ فالضغط الجوي في هذه الحالة هو ٧و١٠١٤ هكتوبسكال)

(إذا كان الرقم الموجود أكبر من ٥٠٠٠ لا يتم أي رقم ويمثل الرقم في هذه الحالة الضغط الجوي لأقرب رقم عشري. مثال إذا كان الرقم الموجود بالشفرة ٩٩٨٢ فالضغط الجوي في هذه الحالة هو ٢و٩٩٨ هكتوبسكال)

٩- المجموعة 5appp

رقم مميز لمجموعة الضغط الجوي **5**

طبيعة الميل البارومتري خلال الساعات الثلاث السابقة لوقت الرصدة **a** وفقا للجدول التالي:

الرقم الشفري	طبيعة الميل البارومتري
٠	يزداد الضغط الجوي ثم ينقص – الضغط الجوي يكون مساويا أو أعلا مما كان عليه منذ ثلاث ساعات
١	يزداد الضغط الجوي ثم يثبت – الضغط الجوي يكون أعلا مما كان عليه منذ ثلاث ساعات
٢	يزداد الضغط الجوي بانتظام أو بغير انتظام – الضغط الجوي يكون أعلا مما كان عليه منذ ثلاث ساعات
٣	ينقص ثم يزداد أو يزداد بسرعة – الضغط الجوي يكون أعلا مما كان عليه منذ ثلاث ساعات
٤	الضغط الجوي يكون مساويا لما كان عليه منذ ثلاث ساعات
٥	ينقص الضغط الجوي ثم يزداد – الضغط الجوي يكون أقل مما كان عليه منذ ثلاث ساعات
٦	ينقص الضغط الجوي ثم يثبت – الضغط الجوي يكون أقل مما كان عليه منذ ثلاث ساعات
٧	ينقص الضغط الجوي بانتظام أو بغير انتظام – الضغط الجوي يكون أقل مما كان عليه منذ ثلاث ساعات
٨	يزداد ثم ينقص أو ينقص بسرعة – الضغط الجوي يكون أقل مما كان عليه منذ ثلاث ساعات

قيمة الميل البارومتري خلال الساعات الثلاث السابقة لوقت الرصدة لأقرب رقم عشري **ppp**

١٠- المجموعة $6RRRt_R$ (هذه المجموعة عادة لا تستخدم في الرصد الجوي بالسفن)

رقم مميز لمجموعة الهطول 6

كمية الهطول بالمليمتر لأقرب رقم عشري **RRR**

فترة هطول المطر بأنصاف الساعة t_R

١١- المجموعة $7wwW_1W_2$

رقم مميز لمجموعة الطقس الحاضر والطقس الغابر 7

الطقس الحاضر **ww**

والأرقام الشفرية لهذه المجموعة تنقسم بصفة عامة إلي قسمين :مجموعة ٠٠ – ٤٩ ظواهر جوية بدون هطول ومجموعة ٥٠ – ٩٩ ظواهر جوية مصحوبة بهطول والجدول التالي يوضح الشرح الخاص بغالبية الظواهر الجوية للرموز الشفرية للطقس الحاضر:

الرقم الشفري	معني الشفرة
٠٠ – ٠٣	يوجد سحاب ولكن لا توجد ظواهر جوية
٠٤	تقل الرؤية الأفقية بسبب وجود دخان
٠٥	عجاج
٠٦	أتربة عالقة بالجو
٠٧	رمال مثارة أو أتربة مثارة
٠٨	دوامة ترابية أو دوامة رملية
٠٩	عواصف رملية أو عواصف ترابة
١٠	شبورة
١١– ١٢	ضباب
١٣	برق بدون رعد
١٤– ١٦	هطول يري من علي بعد
١٧	عاصفة رعدية غير مصاحبة بأي نوع من أنواع الهطول
١٨	أنواء خلال وقت الرصد
١٩	سحاب أو سحب قمعية
٢٠ – ٢٩	هطول لا يسقط علي شكل رخات أو عواصف رعديةخلال الساعة السابقة لوقت الرصد
٣٠ –٣٩	عواصف رملية أو عواصف ترابية أو ثلجية خلال وقت الرصد
٤٠ – ٤٩	ضباب مع هبوط مدي الرؤية السطحية الأفقية إلي أقل من ١٠٠٠ متر
٥٠ – ٥٩	رذاذ خلال وقت الرصد
٦٠– ٦٩	هطول خلال وقت الرصد ليس علي شكل رخات
٧٠ – ٧٩	هطول متجمد خلال وقت الرصد ليس علي شكل رخات
٨٠– ٩٠	هطول خلال وقت الرصد علي شكل رخات غير مصحوب بعواصف رعدية
٩١ –٩٤	هطول علي شكل رخات غير مصحوب بعواصف رعدية خلال وقت الرصد بشرط أن يكون الهطول مصحوبا بعواصف رعدية خلال الساعة السابقة لوقت الرصد
٩٥ –٩٩	عواصف رعدية خلال وقت الرصد مصحوبة بهطول علي شكل رخات

الطقس الغابر خلال الساعات الثلاثة التي تسبق وقت الرصد **W_1W_2** والجـدول التالي يوضح الشرح الخاص بالظواهر الجوية للرموز الشفرية للطقس الغابر:

الرقم الشفري	معني الشفرة
٠	السحب تغطي نصف السماء أو أقل طول الفترة
١	السحب تغطي أكثر من نصف السماء خلال جزء من الفترة وتغطي نصف السماء أو أقل خلال الجزء الآخر منها
٢	السحب تغطي أكثر من نصف السماء طول الفترة
٣	هبوط مدي الرؤية الأفقية إلي أقل من ١٠٠٠ متر بسبب العواصف الرملية أو الترابية أو الثلجية
٤	هبوط مدي الرؤية الأفقية إلي أقل من ١٠٠٠ متر بسبب الضباب أو الضباب الجليدي أو بسبب العجاج الكثيف
٥	رذاذ أو رذاذ متجمد
٦	مطر أو مطر متجمد
٧	هطول من الذي لا يسقط علي رخات من بللورات أو الشرائح الثلجية
٨	رخات من المطر أو المطر المتجمد أو البرد أو الجليد
٩	عواصف رعدية سواء كانت مصحوبة أو غير مصحوبة بهطول أيا كان نوعه

١٢- المجموعة $8N_hC_LC_MC_H$

رقم مميز لمجموعة السحاب **8**

الجزء من قبة السماء بالأثمان (٨/١) المغطي بأقل طبقة من السحاب **N_h**

سلالة السحاب المنخفض **C_L**

سلالة السحاب المتوسط **C_M**

سلالة السحاب المرتفع **C_H**

والجدول التالي يوضح شرح الرموز الشفرية لسلالات السحاب المنخفض والمتوسط والمرتفـــع علي التوالي:

الرقم الشفري	سلالة السحاب المنخفض	سلالة السحاب المتوسط	سلالة السحاب المرتفع
٠	لا يوجد سحاب منخفض	لا يوجد سحاب متوسط	لا يوجد سحاب مرتفع
١	ركام ذو نمو رأسي بسيط	طبقي متوسط رقيق	سمحاق ذو مظهر شعري لا يميل إلي الزيادة
٢	ركام ذو نمو رأسي متوسط	طبقي متوسط السميك أو طبقي مزني	سمحاق كثيف ذو مظهر قلعي لا يميل إلي الزيادة
٣	ركام مزني مصحوب بركام	ركام متوسط رقيق	سمحاق كثيف يتخلف عن الركام المزني
٤	ركام طبقي ناشئ عن تفلطح الركام	ركام متوسط الذي يميل إلي الزيادة في الكمية	سمحاق يميل إلي الزيادة في الكمية والسمك
٥	ركام طبقي غير ناشئ عن تفلطح الركام	ركام متوسط الذي يميل إلي الزيادة في السمك	سمحاق مصحوب بسمحاق طبقي
٦	طبقي	ركام متوسط ناشئ عن تفلطح الركام	سمحاق مصحوب بسمحاق ركامي
٧	ركام ذو مظهر مهلهل	ركام متوسط مصحوب بطبقي متوسط أو طبقي مزني أوكليهما	غلالة من السمحاق الطبقي تغطي السماء بأكملها
٨	ركام مصحوب بركام طبقي غير ناشئ عن تفلطح الركام	ركام متوسط ذو مظهر قلعي أو ذو الخصل	غلالة من السمحاق الطبقي لا تغطي السماء بأكملها
٩	ركام مزني	عدة طبقات من الركام المتوسط	سمحاق ركامي

١٣- المجموعة **$222D_sV_s$**

رقم مميز لمجموعة سرعة وخط سير السفينة **222**

خط سير السفينة الحقيقي خلال الساعات الثلاثة السابقة لوقت الرصد D_s طبقا للجدول التالي:

الرقم الشفري	خط السير
٠	السفينة لا تتحرك
١	شمال شرق
٢	شرق
٣	جنوب شرق
٤	جنوب
٥	جنوب غرب
٦	غرب
٧	شمال غرب
٨	شمال

متوسط سرعة السفينة الحقيقية خلال الساعات الثلاثة السابقة لوقت الرصد $\underline{v_s}$ طبقـــا للجـدول التالي:

الرقم الشفري	متوسط سرعة السفينة بالعقدة
٠	السفينة لا تتحرك
١	١ – ٥
٢	٦ – ١٠
٣	١١ – ١٥
٤	١٦ – ٢٠
٥	٢١ – ٢٥
٦	٢٦ – ٣٠
٧	٣١ – ٣٥
٨	٣٦ – ٤٠
٩	أكبر من ٤٠ عقدة

١٤- المجموعة $\underline{0s_nT_wT_wT_w}$

رقم مميز لمجموعة درجة حرارة مياه البحر السطحية $\underline{0}$

مميز لدرجة حرارة مياه البحر السطحية (سالب أم موجب) $\underline{s_n}$ **وفقا للجدول التالي:**

رقم الشفرة	معني الشفرة
٠	درجة حرارة نقطة الندي موجبة أو درجة حرارة نقطة الندي صفر
١	درجة حرارة نقطة الندي سالبة

درجة حرارة مياه البحر السطحية لأقرب رقم عشري $\underline{T_wT_wT_w}$

١٥- المجموعة $\underline{1P_{wa}P_{wa}H_{wa}H_{wa}}$

رقم مميز لمجموعة فترة وارتفاع الأمواج البحرية المقاسة من مسجل الأمواج البحرية $\underline{1}$

فترة الأمواج البحرية المقاسة من مسجل الأمواج البحرية بالثانية $\underline{P_{wa}P_{wa}}$

ارتفاع الأمواج البحرية المقاسة من مسجل الأمواج البحرية بأنصاف الأمتار $\underline{P_{wa}P_{wa}}$

ملحوظة: المجموعة $\underline{1P_{wa}P_{wa}H_{wa}H_{wa}}$ يتم إرسالها فقط من السفن التي يوجد بها جـــهاز لقياس الأمواج البحرية

١٦- المجموعة $\underline{2P_wP_wH_wH_w}$

رقم مميز لمجموعة فترة وارتفاع الأمواج البحرية المحسوبة من الرياح **1**

فترة الأمواج البحرية المحسوبة من الرياح بالثانية P_wP_w

ارتفاع الأمواج البحرية المحسوبة من الرياح بأنصاف الأمتار H_wH_w

ملحوظة:

- المجموعة $2P_wP_wH_wH_w$ تتضمن الأمواج البحرية المحسوبة من الرياح ولا تتضمن اتجاه الأمواج حيث أن اتجاه الأمواج هو نفسه اتجاه الرياح.
- في حالة عدم إمكانية حساب فترة الأمواج P_wP_w يتم إرسال الرقم ٩٩ بدلا من ذلك.
- في حالة عدم وجود أمواج بفعل الرياح ووجود تموج بحري فقط يتم ارسال الرقم ٢٠٠٠٠ في هذه المجموعة.

١٧- المجموعة $3d_{w1}d_{w1}d_{w2}d_{w2}$

رقم مميز لمجموعة اتجاه التموج البحري **3**

الاتجاه بعشرات الدرجات للمجموعة الأولى للتموج البحري $d_{w1}d_{w1}$

الاتجاه بعشرات الدرجات للمجموعة الثانية للتموج البحري $d_{w2}d_{w2}$

١٨- المجموعة $4P_{w1}P_{w1}H_{w1}H_{w1}$

رقم مميز لمجموعة فترة وارتفاع الأمواج(المجموعة الأولى للتموج البحري) **4**

فترة الموجة في المجموعة الأولى للتموج البحري بالثانية $P_{w1}P_{w1}$

ارتفاع الموجة في المجموعة الأولى للتموج البحري بأنصاف المتر $H_{w1}H_{w1}$

١٩- المجموعة $5P_{w2}P_{w2}H_{w2}H_{w2}$

رقم مميز لمجموعة فترة وارتفاع الأمواج(المجموعة الثانية للتموج البحري) **5**

فترة الموجة في المجموعة الثانية للتموج البحري بالثانية $P_{w2}P_{w2}$

ارتفاع الموجة في المجموعة الثانية للتموج البحري بأنصاف المتر $H_{w2}H_{w2}$

٢٠- المجموعة $6I_sE_sE_sR_s$

رقم مميز لمجموعة تراكم الثلج علي السفينة **6**

نوع الثلج المتراكم علي السفينة I_s طبقا للجدول التالي:

رقم الشفرة	معني الشفرة (نوع الثلج المتراكم علي السفينة)
1	الثلج المتراكم من رذاذ البحر
٢	الثلج المتراكم من الضباب
٣	الثلج المتراكم من رذاذ البحر والضباب
٤	الثلج المتراكم من المطر
٥	الثلج المتراكم من رذاذ البحر والمطر

سمك الثلج المتراكم علي السفينة بالسم E_sE_s

معدل تراكم الثلج علي السفينة R_s طبقا للجدول التالي:

رقم الشفرة	معني الشفرة (معدل تراكم الثلج علي السفينة)
1	الثلج المتراكم لا ينمو
٢	الثلج المتراكم ينمو ببطيء
٣	الثلج المتراكم ينمو بسرعة
٤	الثلج المتراكم يذوب ويتكسر بسرعة

ملحوظة: يمكن إرسال المجموعة $6I_sE_sE_sR_s$ بلغة عادية مسبوقة بكلمة ICING

٢١- المجموعة $c_iS_ib_iD_iz_i$ ICE

كلمة باللغة العادية تسبق المعلومات الخاصة بالثلج البحري **ICE**

تركيز أو تنظيم الثلج البحري c_i طبقا للجدول التالي:

رقم الشفرة	معني الشفرة (تركيز أو تنظيم الثلج البحري)
٠	لا يوجد ثلج
١	السفينة علي بعد أكثر من ميل بحري من ثلج متبقي Fast ice
٢	ثلج بحري متحرك Pack ice في بحر مفتوح درجة تركيزه أقل من ١٠/٣
٣	ثلج بحري متحرك في بحر مفتوح درجة تركيزه من ١٠/٣ إلي ١٠/٥
٤	ثلج بحري متحرك في بحر مغلق درجة تركيزه من ١٠/٥ إلي ١٠/٧
٥	ثلج بحري متحرك في بحر مغلق جدا درجة تركيزه من ١٠/٧ إلي ١٠/٨
٦	قطع وشرائح من الثلج المتحرك بينها فتحات للماء
٧	قطع وشرائح من الثلج المتحرك المغلق والمغلق جدا بينها مساحات أقل تركيز
٨	ثلج متبقي في بحر مفتوح مع وجود ثلج متحرك مفتوح
٩	ثلج متبقي مع وجود ثلج متحرك مغلق ومغلق جدا

مرحلة نمو الثلج البحري S_i طبقا للجدول التالي:

رقم الشفرة	معني الشفرة (مرحلة نمو الثلج البحري)
٠	ثلج جديد فقط
١	قشور ثلجية Ice rind
٢	ثلج حديث Young ice سمكه ١٠ – ٣٠ سم
٣	ثلج جديد New ice أو ثلج حديث مع ثلج السنة الأولي First-year ice
٤	ثلج السنة الأولي الرقيق مع بعض الثلج الجديد أو/ مع ثلج حديث
٥	ثلج السنة الأولي الرقيق Thin first-year ice سمكه ٣٠ – ٧٠ سم
٦	ثلج السنة الأولي المتوسط سمكه ٧٠ – ١٢٠ سم وثلج السنة الأولي السميك سمكه > ١٢٠ سم بالإضافة لوجود ثلج السنة الأولي الرقيق
٧	ثلج السنة الأولي المتوسط وثلج السنة الأولي السميك
٨	ثلج السنة الأولي المتوسط وثلج السنة الأولي السميك
٩	ثلج قديم Old ice

الثلج من مصدر أرضي b_i طبقا للجدول التالي:

رقم الشفرة	معني الشفرة (الثلج من مصدر أرضي)
٠	لا يوجد ثلج من مصدر أرضي
١	١ – ٥ جبل ثلجي ولا يوجد جبال جليدية صغيرة عائمة أو أجزاء عائمة
٢	٦ – ١٠ جبل ثلجي ولا يوجد جبال جليدية صغيرة عائمة أو أجزاء عائمة
٣	١١ – ٢٠ جبل ثلجي ولا يوجد جبال جليدية صغيرة عائمة أو أجزاء عائمة
٤	حتى ١٠جبال جليدية صغيرة عائمة ولا توجد جبال ثلجية
٥	أكثر من ١٠جبال جليدية صغيرة عائمة ولا توجد جبال ثلجية
٦	١ – ٥ جبل ثلجي مع وجود جبال جليدية صغيرة عائمة أو أجزاء عائمة
٧	٦– ١٠ جبل ثلجي مع وجود جبال جليدية صغيرة عائمة أو أجزاء عائمة
٨	١١ – ٢٠ جبل ثلجي مع وجود جبال جليدية صغيرة عائمة أو أجزاء عائمة
٩	أكثر من ٢٠ جبل ثلجي مع وجود جبال جليدية صغيرة عائمة أو أجزاء عائمة – خطرة جدا للملاحة البحرية

اتجاه حركة الحافة الرئيسية للثلج البحري D_i طبقا للجدول التالي:

رقم الشفرة	معني الشفرة (اتجاه حركة الحافة الرئيسية للثلج البحري)
٠	السفينة بالشاطئ
١	باتجاه الشمال الشرقي
٢	باتجاه الشرق
٣	باتجاه الجنوب الشرقي
٤	باتجاه الجنوب
٥	باتجاه الجنوب الغربي
٦	باتجاه الغرب
٧	باتجاه الشمال الغربي
٨	باتجاه الشمال
٩	الاتجاه غير محدد (السفينة بداخل الثلج)

حالة الثلج خلال الساعات الثلاثة السابقة Z_i طبقا للجدول التالي:

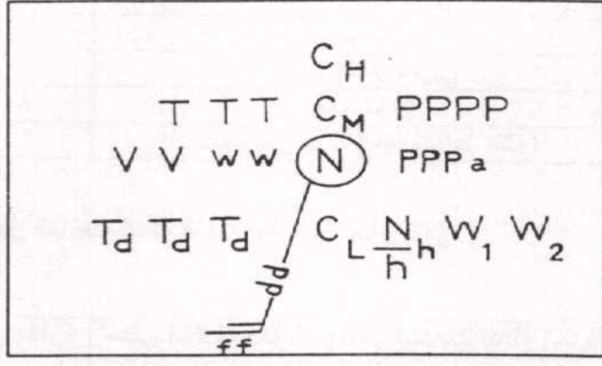
رقم الشفرة	معني الشفرة (حالة الثلج خلال الساعات الثلاثة السابقة)
٠	السفينة في الماء المفتوح ويوجد ثلج يطفو بالمنطقة
١	السفينة في ثلج من السهل اختراقه والحالة تتحسن
٢	السفينة في ثلج من السهل اختراقه والحالة لا تتغير
٣	السفينة في ثلج من السهل اختراقه والحالة تسوء
٤	السفينة في ثلج من الصعب اختراقه والحالة تتحسن
٥	السفينة في ثلج من الصعب اختراقه والحالة تتغير
٦	الثلج ينمو والأطواق الثلجية تتكون
٧	الثلج تحت ضغط خفيف
٨	الثلج تحت ضغط متوسط وشديد
٩	السفينة في وضع خطير (الثلج يحيط بالسفينة من كل جانب)

توقيع خرائط الأرصاد الجوية السطحية Plotting Surface Synoptic Charts:

عندما يتم استلام معلومات الأرصاد الجوية السطحية في مركز التنبؤات الجوية يتم تفسير الشفرة المرسلة ويتم توقيعها علي خريطة تعرف باسم خريطة الطقس السطحية **Surface Synoptic Chart** ثم يتم رسم خطوط تساوي الضغط الجوي وهي الخطوط التي تصل ما بين الأماكن التي يتساوى فيها الضغط الجوي المحسوب عند متوسط مستوي سطح البحر. وخطوط تساوي الضغط الجوي بالإضافة إلي أنها تحدد مناطق الضغط المرتفع ومناطق الضغط المنخفض فأنها أيضا توضح اتجاه وسرعة الرياح السطحية حيث تتوقف سرعة الرياح

السطحية علي تدرج الضغط الجوي الذي يقدر تبعا للأبعاد الموجودة بين خطوط تساوي الضغط الجوي.

وعلي خريطة الطقس السطحية يتم توقيع المعلومات التي تحتويـها إشـارات الأرصـاد الجوية المستقبلة من المحطات الأرضية كما هو موضح فـي الشـكل ١٦٠ وشـرح الرمـوز الموضحة بشكل ١٦٠ موضحة بشكل ١٦١.



(ش ١٦٠) نموذج لتوقيع محطة أرصاد جوية أرضية

الرؤية الأفقية	VV	الضغط الجوى	PPPP
الطقس الحاضر	WW	الميل البارومترى	PPP
إتجاه الريح	dd	شكل الميل البارومترى	a
سرعة الريح	ff	نوع السحب المنخفضة	C_L
كمية السحب الكلية	N	نوع السحب المتوسطة	C_M
كمية السحب المنخفضة	Nh	نوع السحب العالية	C_H
ارتفاع قاعدة السحب المنخفضة	h	درجة حرارة الهواء	TTT
الطقس الغابر	W_1W_2	درجة حرارة نقطة الندى	Td Td Td

(ش ١٦١) شرح للمعلومات الموجودة في نموذج التوقيع الخاص بمحطة الأرصاد الجوية الأرضية

ويوضح شكل ١٦٢ الرموز الخاصة بتوقيع الطقس الحاضر **ww** والطقس الماضي (الغـــابر) **W_1W_2** والكمية الكلية للسحاب **N**. ويوضح شكل ١٦٣ الرموز الخاصــــة بتوقيـــع ســلالات السحاب وشكل ١٦٤ يوضح الرموز الخاصة بتوقيع سرعة الرياح السطحية ويوضح شكل ١٦٥ شرح للميل البارومتري والرموز الخاصة بتوقيع الميل البارومتري بينما يوضـــح شـــكل ١٦٦ جزء من خريطة طقس سطحية موقعة ومحللة.

First Figure	Present Weather (ww) – Second Figure 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Code Figure	Cloud Amount N	Past Weather W_1W_2
0											0		
1											1		
2											2		
3											3		
4											4		
5											5		
6											6		
7											7		
8											8		
9											9		

(ش ١٦٢) الرموز الخاصة بتوقيع الطقس الحاضر **ww** والطقس الماضي (الغابر)**W_1W_2**

والكمية الكلية للسحاب **N**

Some Cloud Type Symbols

Symbol	Cloud type	Symbol	Cloud type
	Cumulus		Nimbostratus
	Cumulonimbus		Altocumulus
	Stratocumulus		Cirrus
	Stratus		Cirrostratus
	Altostratus		Cirrocumulus

(ش ١٦٣) الرموز الخاصة بتوقيع سلالات السحاب

ff kt	Symbol	ff kt	Symbol
Calm		33 - 37	
1 - 2		38 - 42	
3 - 7		43 - 47	
8 - 12		48 - 52	
13 - 17		53 - 57	
18 - 22		58 - 62	
23 - 27		63 - 67	
28 - 32		68 - 72	

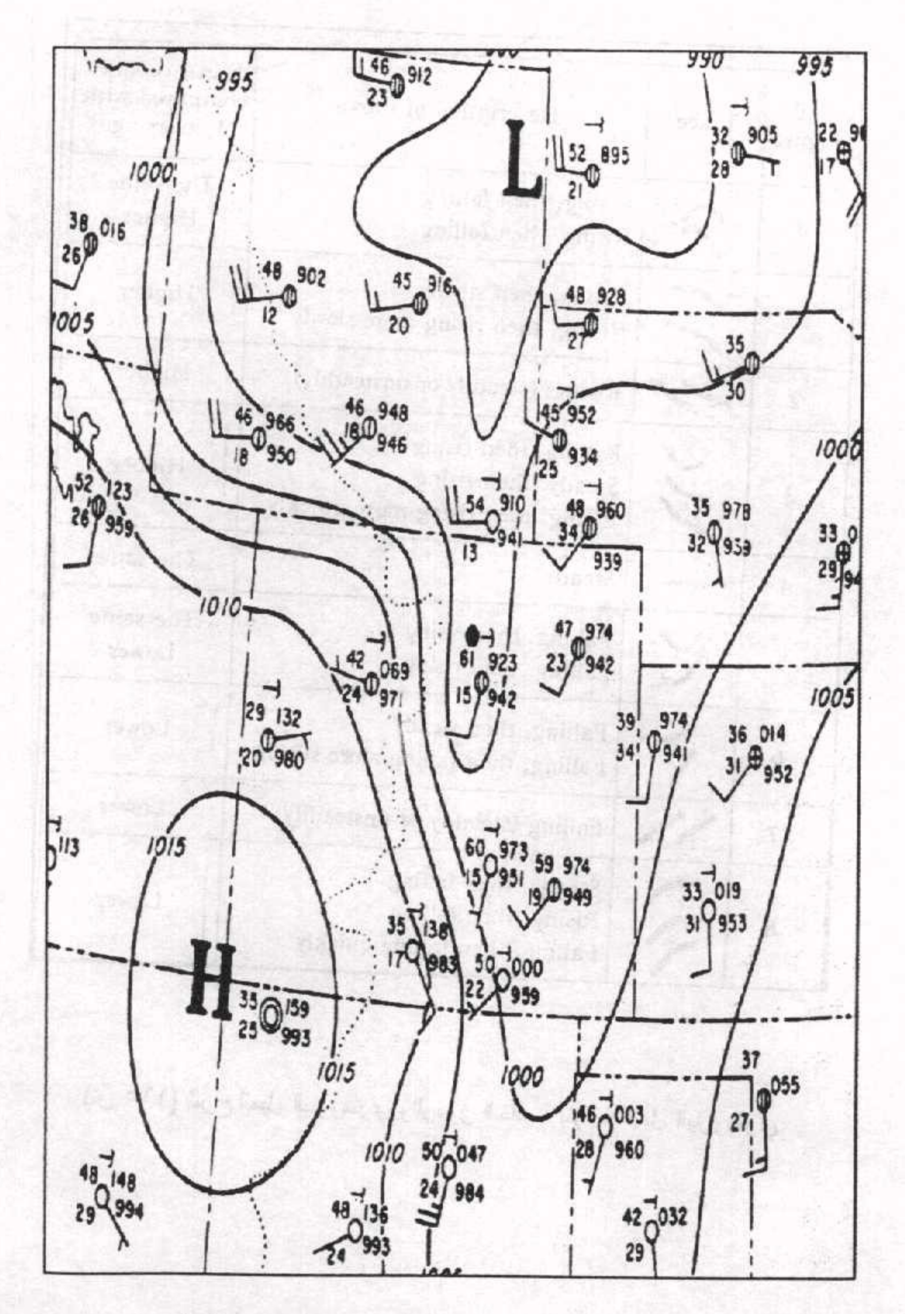
Wind direction given but speed missing

Wind direction variable

(ش ١٦٤) الرموز الخاصة بتوقيع سرعة الرياح السطحية

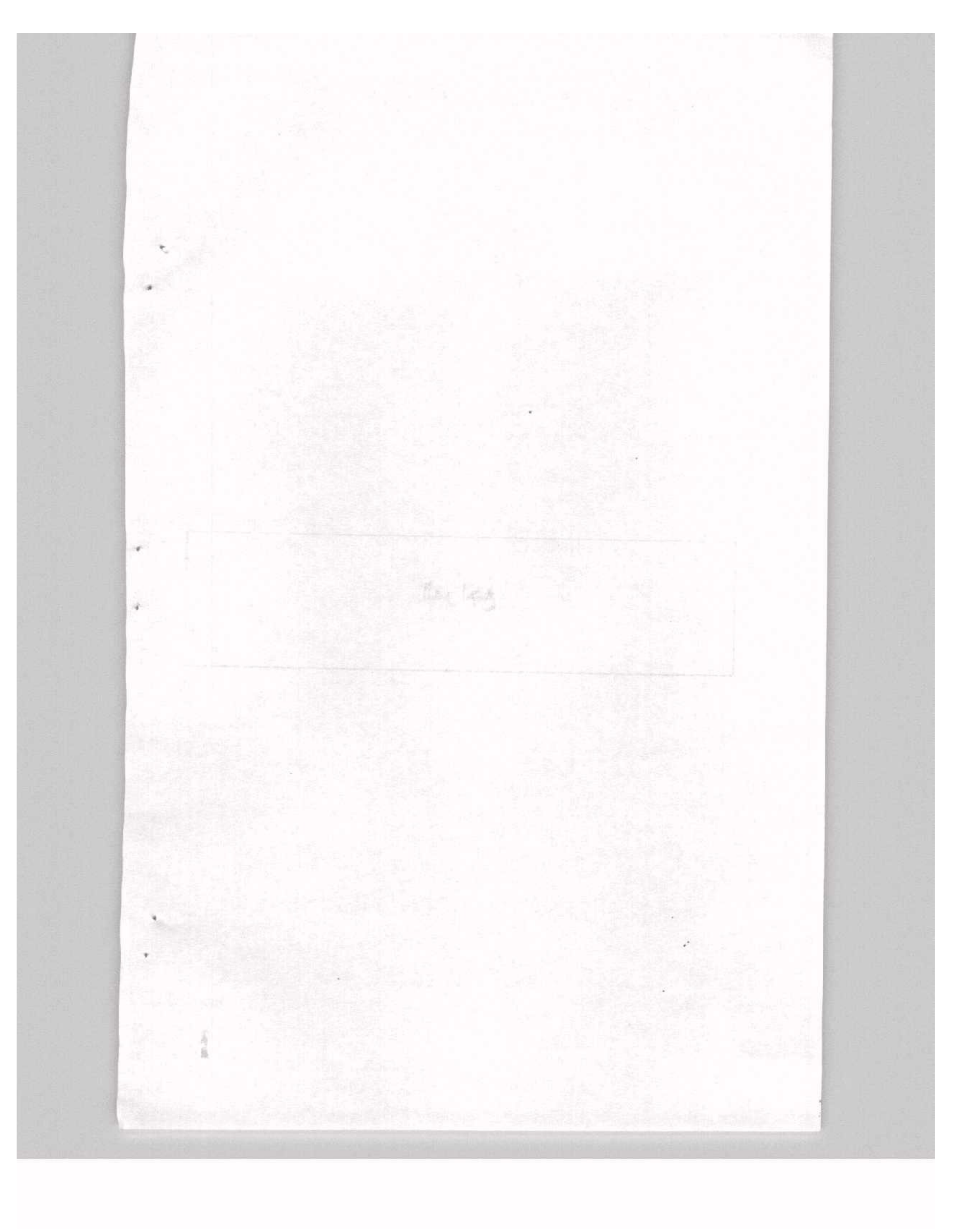
Code Figure	Trace	Description of Curve	Pressure *now*. compared with 3 hours ago
0		Rising, then falling Rising, then falling	The same Higher
1		Rising, then steady Rising, then rising more slowly	Higher
2		Rising, (steadily or unsteadily)	Higher
3		Falling, then rising Steady, then rising Rising, then rising more quickly	Higher
4		Steady	The same
5		Falling, then rising Falling, then rising	The same Lower
6		Falling, then steady Falling, then falling more slowly	Lower
7		Falling (steadily or unsteadily)	Lower
8		Steady, then falling Rising, then falling Falling, then falling quickly	Lower

(ش ١٦٥) شرح للميل البارومتري والرموز الخاصة بتوقيع الميل البارومتري



(ش ١٦٦) جزء من خريطة طقس بعد توقيعها وتحليلها

المراجع



المراجع

أولا: المراجع باللغة العربية:

١-الأرصاد الجوية للطيران – تأليف عبد القادر العاملي – خليل عبد الفتاح خليل – الطبعة الثانية ١٩٧٢ (مطبوعات الهيئة العامة للأرصاد الجوية المصرية) .

٢- المتوسطات المناخية لموانئ البحرين المتوسط والبحر الأحمر – تأليف أ.د/ عبد العزيز عبد الباعث حامد – ١٩٧٢ (مطبوعات القوات البحرية المصرية)

٣-طرق التنبؤ بالأمواج البحرية في شرق البحر المتوسط – تأليف أ.د/ عبد العزيز عبد الباعث حامد – ١٩٧٥ (مطبوعات القوات البحرية المصرية – نشرة بحوث رقم ٢٦)

٤- كتاب الصيغ والشفرات المستخدمة في الإبلاغ عن عمليات الأرصاد الجوية في جمهورية مصر العربية – طبعة ١٩٨٥ وما بعدها.

ثانيا: المراجع باللغة الإنجليزية:

1- Weather in the Mediterranean, Vol. I , Meteorological Office, Air Ministry, UK, 1962

2- Technical Report no. 4, Army Coastal Engineering Research Center, USA, 1966

3- Introduction to meteorology, 3rd edition, 1969

4- Compendium of Lecture notes for Training class IV Meteorological Personnel, Vol. I and II, B. J. Retallack, 1970, published by World Meteorological Organization (WMO-No.266. TP. 150).

5- Weather for the Mariner, William J. Kotsch, 1972, USA.

6- Weather Routeing of Ships, Capt. R. Motte, 1st edition, 1972

7- Practical weather forecasting, Frank Mitchell-Christie, 1977

8- Oceanography, Physical Processes, published by Open University, 1978

9- The Mariner's Handbook, 4th edition, published by the hydrographer of the navy, USA, 1980.

10- Atmospheric Circulation over the south eastern part of the Mediterranean Sea in relation with weather conditions and wind waves along the Egyptian coast of the Mediterranean sea , Abdel Aziz Abdel Baeth Hamed, Ph.D. thesis, Faculty of Science, Alexandria University , Egypt, 1983.

11- How to forecast weather, Dan, Ramsey, USA, 1983.

12-Weather magazine (from Jan.1988 to Feb. 2002), published monthly by The Royal Meteorological Society, UK.

13-Tropical Motion Systems, USA technical training center, 1989,

14- Marine Surface Weather Observations , July 1991, USA.

15- Mariners Weather Log (from 1991 to 1995), published quarterly by the National Oceanographic Data Center, NOAA, USA.

16- Meteorology ,the atmosphere in action, Joe R. Eagleman, 1992,

17- Cloud Types for Observers, Meteorological Office, UK, 1993

18- Compendium of Lecture notes in marine meteorology for Training class III and class IV Meteorological Personnel, J. M. Weeker, 2nd edition, 1995,World Meteorological Organization (WMO-No.434).

19- Meteorology , The atmosphere and the Science of weather, J. M. Moran, Michael D. Morgan and P. M. Pauley, 5th edition, 1997.

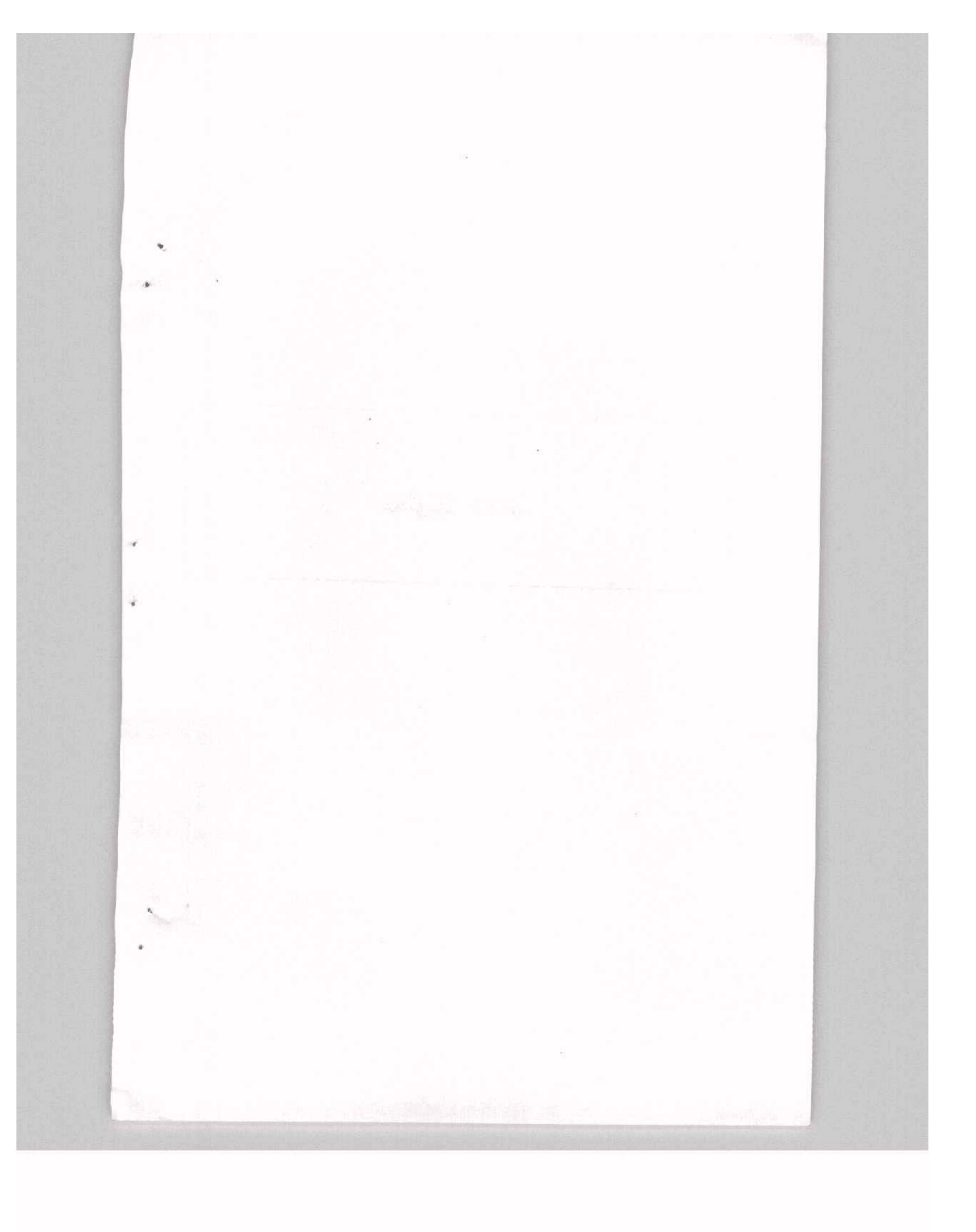
20- Maritime Meteorology, M. Cornish and E. E. Lves, 2nd edition, 1997, UK.

21- Ships' code and decode book, Meteorological Office, 1998, UK.

22- Guide to Wave analysis and forecasting , 2nd edition, 1998, published by World Meteorological Organization (WMO-No.702).

23- Meteorology, Eric W. Danielson, James Levin and Elliot Abrams, 1998, USA.

محتويات الكتاب



محتويات الكتاب

مؤلف الكتاب

أستاذ دكتور عبد العزيز عبد الباعث حامد

- بكالوريوس رياضة , جامعة عين شمس – ١٩٦٥
- دبلوم دراسات عليا في الأرصاد الجوية , جامعة القاهرة – ١٩٧٠
- دبلوم دراسات عليا في علوم البحار الطبيعية , جامعة الإسكندرية – ١٩٧٤
- ماجستير في علوم البحار الطبيعية , جامعة الإسكندرية – ١٩٨٠
- دكتوراه في الأرصاد البحرية , جامعة الإسكندرية – ١٩٨٣
- دراسات ما بعد الدكتوراه في:

التلوث البحري بزيت البترول – الاستشعار عن بعد – علوم الحاسب الآلي – إدارة المناطق الساحلية – نظم المعلومات الجغرافية والبيئية – الإدارة المتكاملة للمنطقة الساحلية

تدرج في الوظائف التالية:

- أخصائي تنبؤات جوية بالهيئة المصرية العامة للأرصاد الجوية ١٩٦٥ – ١٩٦٨
- محاضر بالكلية البحرية المصرية ورئيس فرع الأحوال الجو مائية بالقوات البحرية المصرية ١٩٦٩ – ١٩٨٧
- محاضر بالأكاديمية العربية للنقل البحري بالشارقة ١٩٨٩ – ١٩٩١
- رئيس برنامج حماية البيئة البحرية بالأكاديمية العربية للعلوم والتكنولوجيا والنقل البحري بالإسكندرية ١٩٩٢ – ١٩٩٥
- رئيس برنامج الأرصاد الجوية بالأكاديمية العربية للعلوم والتكنولوجيا والنقل البحري بالإسكندرية من نوفمبر ١٩٩٥ حتى الآن

قام بتدريس الأرصاد الجوية من ١٩٦٩ وحتى الآن بالكليات التالية:

- الكلية البحرية المصرية ومعهد الدراسات العليا بالقوات البحرية المصرية ١٩٧٣ – ١٩٨٧

- جامعة الإسكندرية (كلية العلوم – كليـة الزراعـة ١٩٧٩ – ينـاير ١٩٨٩, قسم الدراسات البيئة بمعهد الدراسات العليا ١٩٨٤ – يناير ١٩٨٩)
- الأكاديمية العربية للعلوم والتكنولوجيا والنقل البحري من سبتمبر ١٩٩١ حتى الآن

- **شارك في العديد من المؤتمرات الدولية والمحلية بأوراق بحثية في مجال الأرصاد الجويـة في الفترة من ١٩٨٤ وحتى الآن**
- **عضو اللجنة الفرعية للتدريب في مجال الأرصاد الجوية في الوطن العربـي مـن ١٩٩٧ وحتى الآن**
- **عضو اللجنة الفرعية للبحوث في مجال الأرصاد الجوية في الوطن العربـي مـن ١٩٩٧ وحتى الآن**
- **عضو الجمعية الملكية البريطانية للأرصاد الجوية**
- **عضو الاتحاد الأوروبي للمحافظة علي السواحل**

كتاب الأرصاد الجوية

الطبعة الأولي

الإسكندرية : ربيع الأول ١٤٢٣ هجرية - مايو ٢٠٠٢